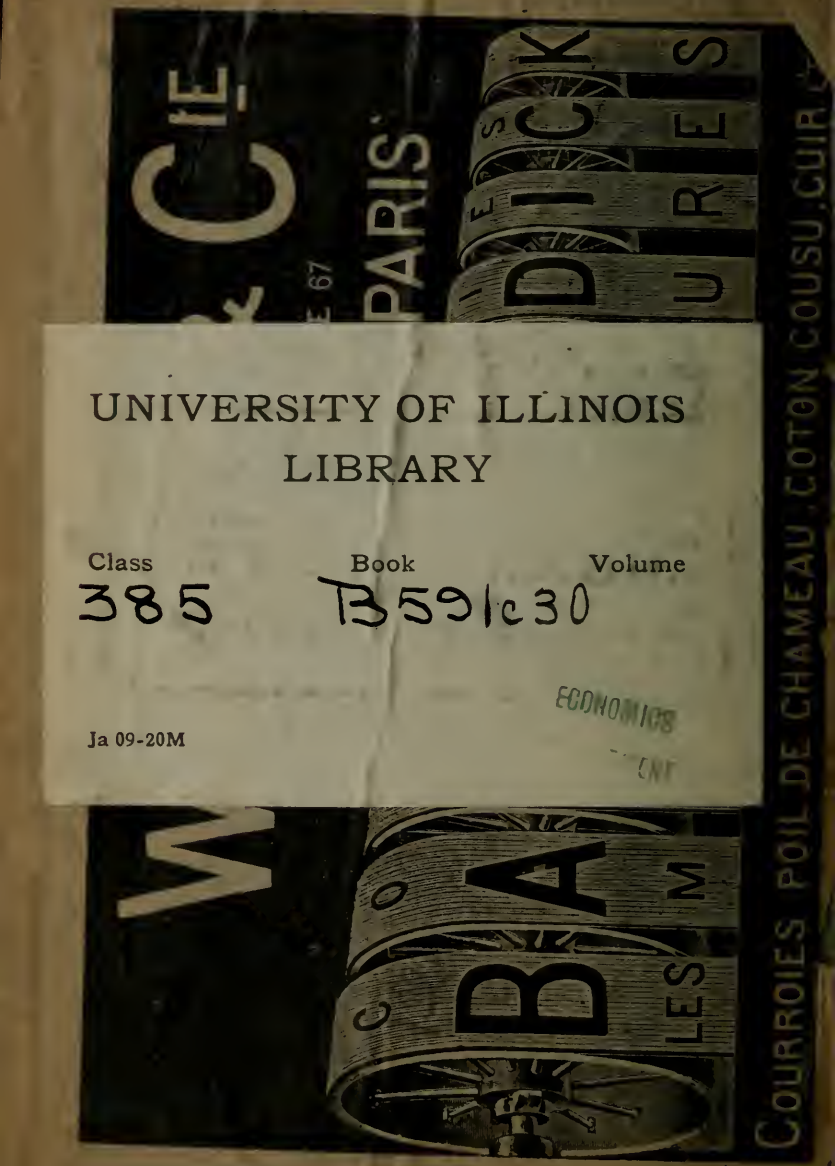
385
B591c30

AGENDA DUNOD

1909

CHEMINS DE FER

QUAI DES GRANDS AUGUSTINS 49 - PARIS



UNIVERSITY OF ILLINOIS
LIBRARY

Class 385 Book B591c30 Volume

ECONOMICS

Ja 09-20M

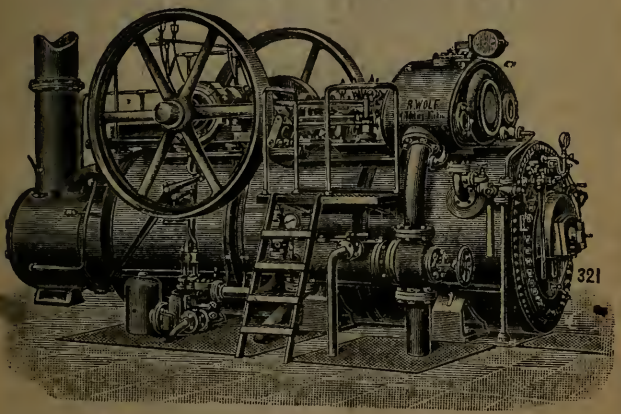
PARIS 1900 : **GRAND PRIX** : MILAN 1906

R. WOLF

BRUXELLES, 230, rue Royale

BUREAU à PARIS, 44, rue Lafayette

Usines à Magdebourg-Buckau et à Salbke



DEMI-FIXES & LOCOMOBILES

A VAPEUR SURCHAUFFÉE

de 10 à 600 chevaux.

CONSOMMATION DE CHARBON d'une demi-fixe compound de 100 chevaux

0 kg. 474 ***par cheval-heure effectif.***

Consommation économique inconnue jusqu'à nos jours.

Fournies aux Chemins de fer de France, des Pays-Bas, de Russie, d'Autriche, d'Allemagne et de Portugal. plus de **100** machines WOLF.

PRODUCTION TOTALE : 600.000 CHEVAUX

Société anonyme des anciens Établissements

J.-B. TORRILHON

Au Capital de 6.000.000 de francs

Usines à CHAMALIÈRES et à ROYAT

(Puy-de-Dôme)

Spécialité de TUYAUX de toutes dimensions

Pour Pompes à incendie, Arrosage
Transvasement des Vins, Bières, Vinaigres, Acides, etc.

Vapeur haute pression — Battage de pieux
Accouplement de freins, etc., etc.

CAOUTCHOUC pour Joints en feuilles de toutes dimensions

AVEC OU SANS INSERTION

Tabliers de machines, Garnitures de presses,
Rondelles pour régulateurs, niveaux d'eau
Presse-étoupes, Rondelles-canettes, etc., etc.

COURROIES POUR TRANSMISSIONS

POUR ÉLÉVATEURS

Tampons pour Norias, Balais-Racloirs, Tapis caoutchouc

VÊTEMENTS IMPERMÉABLES

Pour civils et militaires
Valets de pied et cochers, Blouse Torrilhon pour chauffeur
Articles pour Mégissiers
Brasseurs, Blanchisseurs et Mineurs, etc.

PNEUMATIQUES TORRILHON

Pour Cycles, Motocycles, Voiturettes et Voitures

Bandes américaines B. & S., pleines ou cloisonnées
Pour Voitures attelées et Automobiles

CHAUSSURES CAOUTCHOUC

Maison à Paris, faubourg Poissonnière, 10

ÉLÉVATEURS -- TRANSPORTEURS

SIMPLEX

PARIS - 43, rue Lafayette - PARIS

SOCIÉTÉ ANONYME FRANCO-BELGE

Pour la Construction
de Machines et de Matériel de Chemins de Fer

CAPITAL : 8 MILLIONS DE FRANCS

SIÈGE SOCIAL : 18, Avenue de l'Opéra, PARIS

Direction Générale, à RAISMES

ATELIERS { à Raismes (Nord), France
à La Croyère (La Louvière), Belgique

Locomotives — Tenders — Voitures
Wagons pour Chemins de Fer et Tramways
Wagons-réservoirs
Croisements et Changements de voies, etc.

H. Dunod et E. Pinat, Éditeurs, Paris

MONOGRAPHIE
DES
GRANDS RÉSEAUX de CHEMINS de FER FRANÇAIS

Par Henri LAMBERT
CONTRÔLEUR DES COMPTES DES CHEMINS DE FER
AU MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS

Premier volume : **Réseau de l'Est,** Précis historique, statistique et financier. In-8 de XII-196 pages, avec une carte hors texte. **3 fr.**

J. MARCEL NCt

BOIS SPÉCIAUX & TRAVERSES

Pour Chemins de Fer & Tramways

161, Avenue Malakoff, 161

PARIS (XVIe)

Téléphone 657-67

MANUFACTURES DE TOILES ÉCRUES, IMPERMÉABLES ET PEINTES

PRÉLARTS, BACHES, TENTES ET SACS

VENTE ET LOCATION

E. CAUVIN-YVOSE, Petit-fils et Succr de YVOSE-LAURENT

FOURNISSEUR DES CHEMINS DE FER ET DE LA GUERRE

55, *Rue de Lyon;* 17, *Rue Neuve-Popincourt;* 63, *Avenue Parmentier*

PARIS

FILATURE, CORDERIE et TISSAGE MÉCANIQUES : SALEUX-SALOUEL (Somme)

Usines : PARIS, rue de Lyon, 55, et à NANTERRE (Seine)

Papeterie à Prouzel (Somme)

TÉLÉPHONE Urbain et Interurbain 908,23-908,24

MAISONS :

ALGER, Quai Vontes, 96.
ARZEW, Chemin de l'Abattoir.
BONE, Rue Thiers, 4.
BORDEAUX, Cours St-Jean, 179.
BOUGIE, Camp inférieur.
CAEN, Quai Vaudœuvre, 20.
CALAIS, Rue de Thermes, 22.
CLERMONT-FER., Rue André-Moinier, 4.
CONSTANTINE, Route de Philippeville.
DIJON, Rue du Chapeau-Rouge, 12.
DUNKERQUE, Rue du Magasin-Général, 7 et 9.
LE HAVRE, Rue Hélène, 94.
LISBONNE, Estacao de Alcantera Terra.
LYON, Rue Servient, 47.
LE MANS, Avenue Thiers, 78.
MARSEILLE, Quai du Lazaret, 8-9; Ilot, 54, quai d'Arène. Gare aux charbons à Saint-Charles.
MADRID. 40. Calle del Fomento.
NANCY, Rue du Ruisseau, 72 *bis*.
NANTES, Quai de la Fosse, 89.
NIORT, Route de Brioux.
ORAN, Rue Charles-Quint, 33.
PHILIPPEVILLE, s. les quais, pr. la gare.
RENNES, Avenue de la Gare, 25.
ROUEN, Rue Jacques-Lelieur, 18.
SÉTIF, Rue Justinien, 18.
TUNIS, Avenue de la Marine, 31.
VALENCE, Avenue Victor-Hugo, 48.

Tentes pour fêtes publiques et particulières, concours agricoles, distributions de prix, etc. — Bâches enduites et galvanisées, Couvertures, Pavillons, Marquises, Tentes, Bannes, Rideaux, Tentes de jardin, Parapluies pour bains de mer, Vérandas, Velums, Toiles transparentes pour serres, Bâches pour couverture de meules, Sacs en tous genres, Vêtements imperméables, Caparaçons, etc.

Les galeries velums de l'Exposition Universelle de 1889 *ont été faites par la Maison et sont sa propriété.— Les grandes tentes montées aux Tuileries pour le Banquet des Maires ont été construites par elle en location.*

Adresse télégraphique : CAUVIN-YVOSE, PARIS

TÉLÉPHONE 908-23 et 24

Dépôts dans les principaux ports et toutes les villes d'une certaine importance

en France, en Algérie et en Tunisie

ATE HAMET

La plus ancienne Fabrique de

BILLETS DE CHEMINS DE FER

Billets et Cartons pour Omnibus et Tramways

FOURNISSEUR DES GRANDES COMPAGNIES

TÉLÉPHONE 937-14 — *Françaises et Étrangères* — TÉLÉPHONE 937-14

USINE A VAPEUR ET MAGASINS :

54, rue du Faubourg-du-Temple, PARIS

Usines de

PERSAN-BEAUMONT

(Seine-et-Oise)

THE INDIA RUBBER, GUTTA-PERCHA & TELEGRAPH WORKS C° (LIMITED)

Usines : PERSAN (Seine-et-Oise) SILVERTOWN (Angleterre)

PARIS, 97, Boulevard Sébastopol

PNEU PERSAN

SOCIÉTÉ LORRAINE

DES ANCIENS ÉTABLISSEMENTS

DE DIÉTRICH & Cie DE LUNÉVILLE

Société anonyme au Capital de **15.000.000**

SIEGE SOCIAL et BUREAU COMMERCIAL

(SERVICE DES CHEMINS DE FER)

PARIS, 10, Boulevard Malesherbes. Téléph. 302-41

SERVICE DES AUTOMOBILES ET GARAGE :

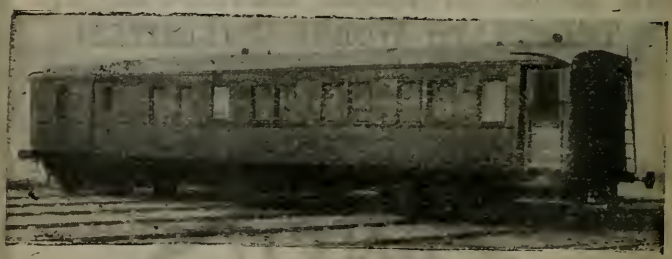
12, Avenue de Madrid, à Neuilly-sur-Seine

USINES à LUNÉVILLE, ARGENTEUIL et MILAN

MATÉRIEL ROULANT POUR CHEMINS DE FER

A VOIE NORMALE ET ÉTROITE

Voitures à voyageurs. — Voitures de luxe
Wagons à marchandises de tous types
Wagons pour transports spéciaux. — Tramways
Grues roulantes Lorrys
Fournisseur des grandes Administrations françaises et étrangères de chemins de fer
Draisines et Automobiles sur rails



VÉHICULES AUTOMOBILES

Licence Turcat-Méry
Omnibus et camions pour services publics
Voitures automobiles de course et de tourisme
Véhicules automoteurs
pour chemins de fer et tramways

LIBRAIRIE H. DUNOD ET E. PINAT

ANNUAIRE
DES
CHEMINS DE FER
ET DES
TRAMWAYS

Prix : 10 francs

COSSET-DUBRULLE FILS
INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR
LILLE — 45, rue Turgot

Lampes acétylène
Décolletage — Emboutissage
Lanternes diverses
Lampes de sûreté pr Mineurs
Lampes de fondeurs
Construction de tous Appareils pour inventeurs
Tournage de petites pièces
MATÉRIEL P. CHEMINS DE FER & TRAMWAYS

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE
DES
FREINS LIPKOWSKI
SIÈGE SOCIAL : 37, Rue Taitbout — PARIS
Téléphone 139.21

Seule concessionnaire des Brevets LIPKOWSKI, CHAPSAL, HOUPLAIN

FREINS PNEUMATIQUES
POUR
CHEMINS de FER et TRAMWAYS

FREIN CHAPSAL-SAILLOT
Effort de freinage proportionnel au chargement

Fournisseurs de diverses Compagnies de Chemins de fer, de la Compagnie Française pour l'exploitation des Procédés Thomson-Houston, de la Compagnie Générale Parisienne de Tramways, de la Compagnie des Tramways de Nice et du littoral, etc.

Adresse télégraphique : VACBRAKE-PARIS — *Téléphone :* 536-21

Freins continus pr Chns de fer et Tramways

Freins à vide { automatiques "CLAYTON"
non automatiques "CLAYTON" et "HARDY"

INJECTEURS, système Gresham de toutes classes
Sablières à vapeur et à air comprimé, syst. Gresham

WALTER STRAPP, Ingr, 15, r. de Madrid, PARIS

LES

ATELIERS DE CONSTRUCTION

DU NORD DE LA FRANCE

SOCIÉTÉ ANONYME

Au Capital de 5.000.000 de francs

Siège social à **BLANC-MISSERON (Nord)**

Agence à Paris, 6, rue Volney

ADRESSE POSTALE :

à la Soc. An. les ATELIERS de CONSTRUCTION du NORD de la FRANCE
à **Blanc-Misseron,** *par* **Crespin** *(Nord)*

ADRESSE TÉLEGRAPHIQUE :

Noratel-Valenciennes — *Lieber's Code Used*
Téléphone n° 159, Valenciennes

MATÉRIEL ROULANT

pour Chemins de fer, Tramways

Charbonnages et toutes autres Industries

WAGONS-RÉSERVOIRS

Avec citerne métallique ou foudres en bois

Epuration et Filtrage des Eaux

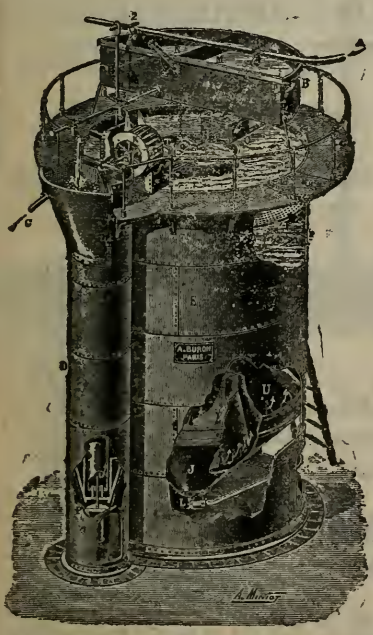
A. BURON

CONSTRUCTEUR BREVETÉ

8, Rue de l'Hôpital-St-Louis, PARIS (X^e^)

Téléphone 431-69

Appareil à fonctionnement automatique pour l'épuration préalable et la clarification des eaux destinées à l'alimentation des chaudières, aux blanchisseries, brasseries, tanneries, lavage des laines, etc. Dosage rigoureux et constant des réactifs.



Épurateur-réchauffeur

utilisant la vapeur d'échappement pour épurer et réchauffer à 100 degrés l'eau d'alimentation des chaudières. Encombrement réduit, grande simplicité d'installation. Coût d'épuration nul ou insignifiant. ***Économie de combustible*** garantie par lettre de ***20*** à ***30*** pour 100.

Filtres à grand débit, à silex, nettoyage sans interruption du service. Filtres à pression et sans pression, de tous débits et de tous systèmes. — Filtres et fontaines de ménage.

CHAUFFAGE des VOITURES de CHEMINS de FER

PAR L'EAU CHAUFFÉE PAR LA VAPEUR

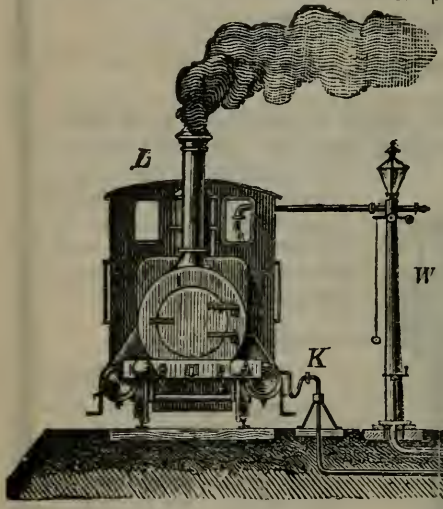
au moyen des ÉJECTEURS KOERTING

installé en combinaison avec un thermo-siphon sur 300 voitures de la Compagnie des Wagons-Lits et sans thermo-siphon sur 200 voitures à boggie de la Compagnie du Chemin de fer du Nord. Effet rapide, réglage à volonté, pas de risque de gel, dépense de vapeur minime, fonctionnant avec de l'eau jusqu'à 96° centigrades.

PULSOMÈTRES, SYSTÈME KOERTING

Les pompes les plus économiques pour stations d'eau

Fonctionnement garanti, dépense de vapeur minime, entreprise à forfait d'in[illegible]tions complètes



FREINS A VIDE

AUTOMATIQUES

pour Chemins de fer et Tramways

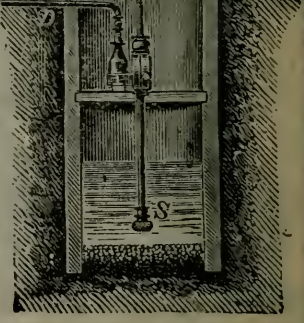
INJECTEURS de LOCOMOTIVES

marchant à toutes pressions de vapeur et avec de l'eau chaude

RÉFRIGÉRANTS

CONDENSEURS

à jet d'eau



MOTEURS A GAZ

à 2 temps et à 4 temps

De 2 chevaux à 3000 chevaux

GAZOGÈNES PAR ASPIRATION

pour stations d'électricité

Sté FRANÇAISE D'EXPLOITATION DES APPAREILS KOERTING

PARIS, 20, rue de la Chapelle, PARIS

122 MÉDAILLES EN OR, VERMEIL ET ARGENT

DÉCORATION
de Voitures
PLAFONDS
PAROIS

Cie LINCRUSTA-WALTON
FRANÇAISE
10, RUE DE LA PÉPINIÈRE, PARIS

GARNITURES
démontables sur
CARTON durci
SPECIAL Ch. de FER

H. DUNOD et PINAT, Éditeurs

MANUEL DE L'OUVRIER
Tourneur et Fileteur

Par J. LOMBARD

Chef d'atelier à l'École nationale d'Arts et Métiers de Lille

Deuxième Édition, revue et augmentée (4e à 7e mille),

Un volume in-8 de 232 pages avec 204 figures. Broché, 4 fr. 50; cartonné, 5 fr. 75.

SOCIETE INTERNATIONALE D'ÉCLAIRAGE par le GAZ D'HUILE

162, Rue Ordener, PARIS (XVIIIe)

Éclairage des voitures de chemins de fer à l'incandescence par le gaz d'huile ou le gaz de houille comprimés.
172.000 voitures éclairées au 1er avril 1908

260 usines pour la production et la compression du gaz d'huile et du gaz mélangé, construites au 1er avril 1908

USINES POUR LA COMPRESSION OU GAZ DE HOUILLE

Pompes, Appareils de compression et de carburation.
Canalisations en plomb et en fer pour hautes pressions.
Raccords, Bouches de chargement.
Réservoirs, Lanternes, Robinetterie, etc.
Régulateurs pour hautes, moyennes et basses pressions.

ÉTABLISSEMENTS SAVARY
GAUTIER (Ingénieur E. C. P. et A. M.) & Cie
QUIMPERLÉ (Finistère)

133 Diplômes d'honneur et Médailles
Expositions Universelles, 1878-1889-1900 : 2 Médailles d'Or et 4 d'Argent
Exposit. Universelles de St-Louis 1904, de Liège 1905 et de Milan 1906 ; Médailles d'Or

Petit Matériel de Gares, Entrepôts et Magasins
Chariots et Tricycles en fer ou en bois — Cabrouets
Brouettes en fer à coffre ou à barres — Brouettes à bascule
Poulains de chargement — Ponts roulants, etc., etc.
Lorrys pour l'entretien des voies

Le Catalogue Général sera envoyé franco sur demande.

ACCUMULATEURS
HEINZ
POUR
TOUTES
APPLICATIONS

Bureaux et Usine : 27, rue Cavé, LEVALLOIS

TÉLÉPHONE : 537-38

CABINET FONDÉ EN 1890

90, Boul. Richard-Lenoir
PARIS

BREVETS D'INVENTION

Marques
Recherches
Procès, Contrefaçon

Tél. 919-37

A. MONTEILHET
Anc. élève de l'ÉCOLE POLYTECHNIQUE
Membre de la SOCIÉTÉ CHIMIQUE de France

Cie MÉTALLURGIQUE LILLOISE
SOCIÉTÉ ANONYME LESQUIN-LEZ-LILLE. — CAPITAL : 1 MILLION
Directeur-gérant : ***M. Alfred HAPPE***

MOULAGES D'ACIER - ATELIERS DE CONSTRUCTION
Pièces de toutes formes et poids, brutes et usinées, jusque 20.000 kilog.

Matériel de Chemin de fer. — *Pièces pour locomotives, tenders, wagons et voitures, etc.— Centres de roue et trains montés— Boîtes à huile et à graisse — Buttoirs complets — Garnitures pour appareils divers de voie — Engrenages pour tramways.*

PIÈCES MÉCANIQUES ET EN TOUS GENRES

SOCIÉTÉ
des Établ^ts HENRY-LEPAUTE
EXPOSITION de LIÈGE 1905
Hors Concours — Membre du Jury

HORLOGERIE MÉCANIQUE & ÉLECTRIQUE
REGULATEURS POUR CHEMINS DE FER
ASCENSEURS, MONTE-CHARGES
MONTE-AUTOMOBILES MONTE-WAGONS
PENDULES, MONTRES
PHARES LENTICULAIRES, OPTIQUE
FREINS P. CHEMINS DE FER & TRAMWAYS
TAXIMETRE-COMPTEURS

Ateliers et Bureaux :
11, Rue des Desnouettes, PARIS
Maison de Vente : 34, *Bd Haussmann* (9e)

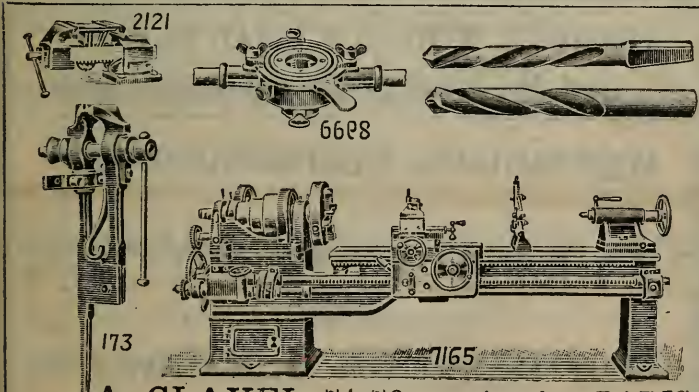
H. Dunod et E. Pinat, Éditeurs

LES NOUVEAUX LIVRES
Scientifiques et Industriels
Volume I. - Années 1902 à 1907

Bibliographie des 5.541 livres publiés en France du 1er juil. 1902 au 30 juin 1907

Gr. in-8 de 416 pages
Broché, 9 fr.; cartonné, 10 fr. 50

SOCIÉTÉ ANONYME DES FORGES, USINES & FONDERIES
De et à HAINE-SAINT-PIERRE (Belgique)
ÉTABLISSEMENT FONDÉ EN 1829
DIRECTEUR-GÉRANT : L. GOLDSCHMID
LOCOMOTIVES DE TOUTES PUISSANCES.
Tenders et wagons à marchandises. Trains de roues.
Chaudières de locomotives.
Machines à vapeur pour toutes destinations.
Treuils à vapeur et électriques.
Adresse télégraphique : GOLDSCHMID, HAINE-SAINT-PIERRE
Codes employés : ABC, 5e ED., ET WESTERN UNION
ACIERS MOULÉS



A. CLAVEL, 74-76, rue Amelot, PARIS

Demandez à la Librairie H. DUNOD et E. PINAT
l'envoi mensuel gratuit de la
BIBLIOGRAPHIE des SCIENCES et de l'INDUSTRIE

SIÈGES COMPIN

A ÉLASTICITÉ VARIABLE – LAMES MOBILES

Breveté FRANCE, ALLEMAGNE et tous pays

Ateliers : **43, rue Godefroy-Cavaignac, Paris**

Téléphone 290-97

Fournisseurs des Compagnies de Chemins de Fer

DE PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE
L'ORLÉANS, L'EST, L'OUEST, DU MIDI & DU MÉTROPOLITAIN
DE LA COMPAGNIE DES OMNIBUS-TRAMWAYS

Sièges pour Gares, Théâtres, Automobiles

Prix de revient 50 0/0 meilleur marché
que les anciens systèmes

SE MÉFIER DES CONTREFAÇONS

Librairie H. DUNOD et E. PINAT, Editeurs

49, Quai des Grands-Augustins, PARIS (VI^e^)

MÉTHODES ÉCONOMIQUES

DE

COMBUSTION

DANS LES

Chaudières à Vapeur

PAR

Y. IZART, Ingénieur civil des Mines

Deuxième Edition augmentée d'un Supplément

Volume in-8 de XVIII-236 pages, avec nombreuses figures
Broché, **7** fr. **50** ; cartonné, **9** fr.

TRAVAUX A NUMÉROTAGE (30 presses à grand tirage)

Vve H. MOMMENS, Imprimeur

PARIS, 200, Boulevard Voltaire, PARIS

BILLETS POUR TRAMWAYS ET CHEMINS DE FER

Carnets de Caisse et de Contrôle pour le Commerce.
Feuilles de Bagages et Colis Postaux. — Billets d'Octroi.

FOURNISSEUR de la Compagnie Générale des Omnibus, du Métropolitain, des Tramways de Paris, Marseille, Lyon, Bordeaux, Lille, Nice, Reims, etc., etc.

SOCIÉTÉ DES CHAUDIÈRES ET VOITURES A VAPEUR

Système SCOTTE, Breveté S. G. D. G.

PARIS — Rue de Provence, 56 — PARIS

AUTOMOTRICES A VAPEUR

A TOUTES LARGEURS DE VOIE

Type spécial à voie de un mètre pour Chemins de fer départementaux et coloniaux

Librairie H. DUNOD et E. PINAT, Editeurs

Agendas 1909, à 2 fr. 50

CONSTRUCTION	CHIMIE
MINES & MÉTALLURGIE	ÉLECTRICITÉ
MÉCANIQUE	CHEMINS DE FER

Réglementation et Législation Industrielles

CONSTRUCTION AUTOMOBILE

Librairie H. DUNOD et E. PINAT, Éditeurs
49, Quai des Grands-Augustins, PARIS (VI·)

LE MÉCANICIEN
DE
CHEMIN DE FER

PAR

L.-Pierre GUÉDON

INGÉNIEUR DES ARTS ET MÉTIERS

Lauréat de la Société d'Encouragement pour l'Industrie nationale et de la Société des Anciens Elèves des Ecoles nationales d'Arts et Métiers (travaux spéciaux sur les locomotives).

Deuxième édition

Un volume in-8 de XII-506 pages, avec 224 figures
Broché, **7** fr. **50** ; cartonné, **8** fr. **75**

Librairie H. DUNOD et E. PINAT, Éditeurs
49, Quai des Grands-Augustins, PARIS (VI·)

VIENT DE PARAITRE :

LA VAPEUR D'EAU
SURCHAUFFEE

PAR

L. MARCHIS

LAURÉAT DE L'INSTITUT, PROFESSEUR DE PHYSIQUE GÉNÉRALE
A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BORDEAUX

In-8 de XXX-733 pages autographiées, avec 359 figures et 29 tableaux

Prix. . . . . **22** fr. **50**

Documentez-vous !!!

1° En lisant :

LE MOIS SCIENTIFIQUE et INDUSTRIEL

REVUE des Revues Techniques

8, Rue Nouvelle, 8 PARIS (9e)

FONDÉE EN 1899

Résume, en en extrayant tous les renseignements pratiques, les articles techniques publiés dans les revues du monde entier : il accompagne ses résumés des figures, schémas ou abaques utiles au lecteur. Il signale en outre tous les articles importants d'un caractère trop spécial pour être résumés, mais en indiquant toujours d'une façon absolument complète où les articles originaux ont été publiés.

Le lire, c'est économiser votre temps

SON ABONNEMENT EST INTÉGRALEMENT REMBOURSÉ

20 francs par an, pour la France et Belgique.
25 — — pour l'Étranger.

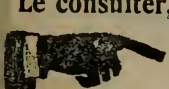
2° En consultant l'Institut du

MOIS SCIENTIFIQUE & INDUSTRIEL

Mutualité Technique fournissant tous renseignements pour les Sciences et l'Industrie, moyennant des honoraires fixés d'avance,

(Toute demande doit être accompagnée de 0 fr. 25 en timbres pour frais d'établissement de devis.)

Le consulter, c'est profiter de l'expérience des autres



Recherches bibliographiques. — Études techniques ou économiques (documentaires ou pratiques) sur toute industrie. — Analyses chimiques de tous genres. — Prise de brevets en France et à l'Etranger. — Recherches d'antériorités. — Traductions techniques, etc., etc.

Demander la Brochure illustrée et les Références
(Joindre 25 centimes pour le port.)

SOCIÉTÉ

DE

l'Accumulateur TUDOR

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 2.200.000 FRANCS

Siège Social : 81, rue St-Lazare, PARIS

FOURNITURE & INSTALLATION

D'ÉQUIPEMENTS COMPLETS

D'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

DES TRAINS

DYNAMO ROSENBERG à polarité constante, quel que soit le sens de rotation.

SYSTÈME BUTTNER de réglage de la tension aux bornes des lampes permettant l'emploi d'une seule batterie d'accumulateurs.

ACCUMULATEURS TUDOR, type spécial.

Fournisseur de la Compagnie d'Orléans, des Chemins de fer de l'Etat, de l'Administration des Postes, etc.

CHEMINS DE FER

1909

AGENDAS DUNOD POUR 1909

Prix de chaque exemplaire : 2 fr. 50

Construction.
Mines et métallurgie.
Mécanique.
Électricité.
Chimie.
Chemins de fer.
Réglementation et législation industrielles.
Construction automobile.

Agenda Dunod, à 2 fr. 50

CHEMINS DE FER

30e édition revue et augmentée

PAR

PIERRE BLANC

Chef du Secrétariat du Matériel et de la Traction des Chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée.

A L'USAGE DES

Agents de la Construction, de la Voie, du Matériel, de la Traction, de l'Exploitation et de toutes les personnes qui s'intéressent aux Chemins de fer.

1909

PARIS (VIe)

H. DUNOD ET E. PINAT, ÉDITEURS

49, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 49

385
B591c 30

JANVIER

Les jours croissent de 1 heure 5 minutes

P. L. le 6, à 2 h. 22 s.
D. Q. le 14, à 6 h. 20 s.
N. L. le 22, à 0 h. 21 m.
P. Q. le 28, à 3 h. 6 s.

1	V	Circoncis.
2	S	S. Basile
3	D	Se Geneviève
4	L	S. Rigobert
5	M	Se Emilie
6	M	Epiphan. ☿
7	J	Se Mélanie
8	V	S. Lucien
9	S	S. Julien
10	D	S. Guillaum.
11	L	Se Hortense
12	M	S. Arcadius
13	M	B. de J.-C.
14	J	S. Hilaire ☾
15	V	S. Paul, év.
16	S	S. Maur
17	D	S. Antoine
18	L	Ch. de s. P.
19	M	S. Sulpice
20	M	S. Sébastien
21	J	Se Agnès ●
22	V	S. Vincent
23	S	S. Ildefonse
24	D	S. Babylas
25	L	Conv. de s. P.
26	M	S. Polycarpe
27	M	Se Angèle
28	J	S. Charlem ☽
29	V	S. Fr. de S.
30	S	Se Bathilde
31	D	Se Marcelle

FÉVRIER

Les jours croissent de 1 heure 33 minutes

P. L. le 5, à 8 h. 34 m.
D. Q. le 13, à 0 h. 56 s.
N. L. le 20, à 11 h. 1 m.
P. Q. le 27, à 2 h. 58 m.

1	L	Se Brigitte
2	M	Purificat.
3	M	S. Blaise
4	J	S. Gilbert ☿
5	V	Se Agathe
6	S	S. Amand
7	D	Septuagés.
8	L	S. J. de M.
9	M	Se Appoline
10	M	Se Scholast.
11	J	S. Adolphe
12	V	Se Eulalie
13	S	S. Lézin ☾
14	D	Sexagésime
15	L	S. Faustin
16	M	Se Julienne
17	M	S. Théodule
18	J	S. Siméon
19	V	S. Gabin ●
20	S	S. Sylvain
21	D	Quinquag.
22	L	Se Isabelle.
23	M	Mardi-Gras
24	M	Cendres
25	J	S. Nicéphore
26	V	S. Nestor ☽
27	S	Se Honorine
28	D	Quadragés.

Nbre d'Or, 10. C. s., 14. L. R., 7. L. d., C.

MARS

Les jours croissent de 1 heure 52 minutes

P. L. le 7, à 3 h. 5 m.
D. Q. le 15, à 3 h. 51 m.
N. L. le 21, à 8 h. 20 s.
P. Q. le 28, à 4 h. 58 s.

1	L	S. Aubin
2	M	S. Simplice
3	M	S. Marin
4	J	S. Cyrille
5	V	Se Perpétue
6	S	Se Colette ☿
7	D	Reminiscer.
8	L	S. Jean de D.
9	M	Se Françoise
10	M	Se Dorothée
11	J	S. Euloge
12	V	S. Pol, év.
13	S	Se Euphras.
14	D	Oculi ☾
15	L	S. Zacharie
16	M	Se Octavie
17	M	Se Gertrude
18	J	S. Alexandre
19	V	S. Joseph
20	S	S. Joachim
21	D	Lætare ●
22	L	Se Léa
23	M	S. Victorien
24	M	S. Gabriel
25	J	Annonciat.
26	V	S. Emman.
27	S	S. Jean. erm.
28	D	Passion ☽
29	L	Se Lydie
30	M	S. Amédée
31	M	S. Benjamin

131294

AVRIL

Les jours croissent de 1 heure 43 minutes

P. L. le 5, à 7 h. 37 s.
D. Q. le 13, à 2 h. 39 s.
N. L. le 20, à 5 h. 0 m.
P. Q. le 27, à 8 h. 45 s.

1	J	S. Hugues
2	V	S. Fr. de P.
3	S	S. Richard
4	D	RAMEAUX
5	L	S. Vincent ♍
6	M	S. Célestin
7	M	S. Hégésipp
8	J	S. Albert
9	V	VENDR.-S.
10	S	S. Macaire
11	D	PAQUES
12	L	S. Jules
13	M	S. Justin ☾
14	M	S. Tiburce
15	J	S. Maxime
16	V	S. Paterne
17	S	S. Anicet
18	D	QUASIMODO
19	L	Se Léont. ♌
20	M	S. Théodore
21	M	S. Anselme
22	J	Se Opport.
23	V	S. Georges
24	S	S. Léger
25	D	S. Gaston
26	L	S. Clet, p. ☽
27	M	S. Anastase
28	M	S. Fernand
29	J	Se Aimée
30	V	S. Eutrope

MAI

Les jours croissent de 1 heure 20 minutes

P. L. le 5, à 11 h. 27 s.
D. Q. le 12, à 9 h. 54 s.
N. L. le 19, à 1 h. 51 s.
P. Q. le 27, à 1 h. 37 m.

1	S	S. J. S. Ph.
2	D	S. Athanase
3	L	Inv. Se Croix
4	M	Se Antoinet.
5	M	Conv. S. A. ♍
6	J	S. J. P. L.
7	V	S. Stanislas
8	S	S. Désiré
9	D	S. Grégoire
10	L	S. Antony
11	M	S. Florent
12	M	S. Achille ☾
13	J	S. Servais
14	V	S. Pont
15	S	S. Isidore
16	D	S. Honoré
17	L	ROGATIONS
18	M	Se Juliette
19	M	S. Yves ♎
20	J	ASCENSION
21	V	S. Hospice
22	S	S Julie
23	D	S. Didier
24	L	S. Fr. Rég.
25	M	S. Urbain
26	M	S. Philip. ☽
27	J	S. Ildebert
28	V	S. Emile
29	S	S. Maximien
30	D	PENTECOTE
31	L	Se Félicie

JUIN

Les jours croissent de 16 minutes

P. L. le 4, à 1 h. 31 m.
D. Q. le 11, à 2 h. 52 m.
N. L. le 17, à 11 h. 37 s.
P. Q. le 25, à 6 h. 52 s.

1	M	S. Pamphile
2	M	S. Pothin
3	J	Se Clotild. ♑
4	V	Se Emma
5	S	Se Florence
6	D	TRINITE
7	L	S. Lié
8	M	S. Médard
9	M	Se Pélagie
10	J	FÊTE-DIEU ☾
11	V	S. Barnabé
12	S	Se Olympe
13	D	S. Ant. de P.
14	L	S. Rufin
15	M	S. Abraham
16	M	S. Cyr
17	J	S. Avit
18	V	Se Marine
19	S	S. Gervais
20	D	S. Sylvère
21	L	Se Alice
22	M	S. Alban
23	M	S. Félix
24	J	Nat. st J.-B.
25	V	S. Prosper ☽
26	S	Se Héloïse
27	D	Se Adèle
28	L	S. Irénée
29	M	S. P. S. P.
30	M	Com. st Paul

JUILLET

Les jours diminuent de 57 minutes

P. L. le 3, à 12 h. 26 s.
D. Q. le 10, à 7 h. 7 m.
N. L. le 17, à 10 h. 54 m.
P. Q. le 25, à 11 h. 54 m.

1	J	S. Martial
2	V	Vis. de la V.
3	S	S. Anatole ♈
4	D	S^{e} Berthe
5	L	S^{e} Zoé
6	M	S^{e} Lucie
7	M	S. Elie
8	J	S^{e} Virginie
9	V	S^{e} Blanche ☾
10	S	S^{e} Félicité
11	D	S. Cyprien
12	L	S. Frédéric
13	M	S. Eugène
14	M	FÊTE NAT.
15	J	S. Henri
16	V	S^{e} Estelle ●
17	S	S. Alexis
18	D	S. Camille
19	L	S. Vinc. de P
20	M	S^{e} Marguer.
21	M	S. Victor
22	J	S^{e} Marie Maj.
23	V	S. Appollin.
24	S	S^{e} Christ. ☽
25	D	S. Christoph
26	L	S^{e} Anne
27	M	S^{e} Nathalie
28	M	S. Samson
29	J	S^{e} Marthe
30	V	S. Ignace
31	S	S. Ger. l'A.

AOUT

Les jours diminuent de 1 heure 38 minutes

P. L. le 1er, à 9 h. 23 s.
D. Q. le 8, à 12 h. 19 s.
N. L. le 16, à 0 h. 4 m.
P. Q. le 24, à 4 h. 4 m.
P. L. le 31, à 5 h. 17 m.

1	D	S^{e} Sophie ♉
2	L	S. Alphonse
3	M	S. Etienne
4	M	S. Dominiq.
5	J	S. Abel
6	V	Tr. de J.-C.
7	S	S. Gaëtan
8	D	S^{e} Léonide ☾
9	L	S. Amour
10	M	S. Laurent
11	M	S^{e} Suzanne
12	J	S^{e} Claire
13	V	S. Hippolyte
14	S	S. Eusèbe
15	D	ASSOMP. ●
16	L	S. Roch
17	M	S. Mammès
18	M	S^{e} Hélène
19	J	S. Louis, év.
20	V	S. Bernard
21	S	S^{e} Jeanne
22	D	S. Symphor.
23	L	S^{e} Carolin. ☽
24	M	S. Barthél.
25	M	S. Louis, roi
26	J	S^{e} Rose
27	V	S. Césaire
28	S	S. Augustin
29	D	Déc. de s^{t} J.
30	L	S. Fiacre ♉
31	M	S. Raymond

SEPTEMBRE

Les jours diminuent de 1 heure 46 minutes

D. Q. le 6, à 7 h. 53 s.
N. L. le 14, à 3 h. 18 s.
P. Q. le 22, à 6 h. 40 m.
P. L. le 29, à 1 h. 14 s.

1	M	S. Leus^{t} Gill.
2	J	S. Antonin
3	V	S^{e} Euphém.
4	S	S^{e} Rosalie
5	D	S. Bertin
6	L	S^{e} Reine ☾
7	M	S. Cloud
8	M	Nat. de la V.
9	J	S. Omer, év.
10	V	S^{e} Pulchérie
11	S	S. Hyacinthe
12	D	S. Léonce
13	L	S. Maurille
14	M	Ex. s^{te} Cr. ●
15	M	S Valérien
16	J	S. Corneille
17	V	S. Lambert
18	S	S. Ferréol
19	D	S. Gustave
20	L	S. Eustache
21	M	S. Mathieu
22	M	S. Maurice ☽
23	J	S^{e} Célestine
24	V	S. Andoche
25	S	S. Firmin
26	D	S^{e} Justine
27	L	S. Côme s. D
28	M	S^{e} Clément.
29	M	S. Michel ♈
30	J	S. Jérôme

OCTOBRE

Les jours diminuent de 1 heure 48 minutes

D. Q. le 6, à 6 h. 53 m.
N. L. le 14, à 8 h. 22 m.
P. Q. le 22, à 7 h. 13 m.
P. L. le 28, à 10 h. 16 s.

1	V	S. Rémy
2	S	SS. Anges
3	D	S. Fauste
4	L	S. Fr. d'As.
5	M	S. Const. ☾
6	M	S. Bruno
7	J	S. Auguste
8	V	Se Fanny
9	S	S. Denis, év.
10	D	Se Lydie
11	L	Se Clémence
12	M	S. Séraphin
13	M	S. Edouar ●
14	J	S. Calixte
15	V	Se Thérèse
16	S	S. Gall, év.
17	D	S. Florent.
18	L	S. Luc, év.
19	M	S. Savinien
20	M	S. Caprais
21	J	Se Céline ☽
22	V	S. Mellon, é.
23	S	S. Hilarion
24	D	S. Magloire
25	L	S. Crepin
26	M	S. Rustique
27	M	S. Simon
28	J	S. Alfred ☉
29	V	S. Narcisse
30	S	S. Lucain
31	D	S. Quentin

NOVEMBRE

Les jours diminuent de 1 heure 19 minutes

D. Q. le 4, à 9 h. 47 s.
N. L. le 13, à 2 h. 27 m
P. Q. le 20, à 5 h. 38 s.
P. L. le 27, à 9 h. 1 m.

1	L	TOUSSAINT
2	M	Trépassés
3	M	S. Hubert
4	J	S. Ch. B. ☾
5	V	S. Théotime
6	S	S. Léonard
7	D	S. Ernest
8	L	Ste Reliques
9	M	S. Mathurin
10	M	S. Juste
11	J	S. Martin
12	V	S. René ●
13	S	S. Brice
14	D	Se Philomène
15	L	Se Eugénie
16	M	S. Edme
17	M	S. Aignan
18	J	Se Claudine
19	V	Se Elisabeth
20	S	S. Edmon ☽
21	D	Prés. de la V.
22	L	Se Cécile
23	M	S. Clément
24	M	Se Flore
25	J	Se Catherine
26	V	Se Delph. ☉
27	S	S. Séverin
28	D	AVENT
29	L	S. Saturnin
30	M	S. André

DÉCEMBRE

Les jours diminuent de 29 minutes

D. Q. le 4, à 4 h. 22 s.
N. L. le 11, à 8 h. 8 s
P. Q. le 20, à 2 h. 27 m
P. L. le 26, à 9 h. 39 s.

1	M	S. Eloi.
2	J	Se Aurélie
3	V	S. Claude
4	S	Se Barbe ☾
5	D	S. Sabbas
6	L	S. Nicolas
7	M	Se Fare
8	M	Imm. Conc.
9	J	Se Léocadie
10	V	Se Annette
11	S	S. Daniel
12	D	Se Constan ●
13	L	Se Luce
14	M	S. Nicaise
15	M	S. Mesmin
16	J	Se Adélaïde
17	V	S. Lazare
18	S	S. Gatien
19	D	S. Darius ☽
20	L	S. Philogone
21	M	S. Thomas
22	M	S. Honorat
23	J	Se Victoire
24	V	Se Emilienne
25	S	NOEL
26	D	S. Etienne ☉
27	L	S. Jean, év.
28	M	Ste Innocents
29	M	Se Eléonore
30	J	S. Sabin
31	V	S. Sylvestre

Voir le Catalogue de la Librairie H. DUNOD et E. PINAT, page XXXIII.

TABLE DES MATIÈRES

PREMIÈRE PARTIE

Historique.

CHAPITRE I. — Indications générales.

	Pages.
Définition	1
Aperçu historique	1
Développement des chemins de fer	2
Utilité des chemins de fer	2

CHAPITRE II. — Historique et régime des chemins de fer français.

§ 1. — *De l'origine aux conventions de* 1859.

Premières concessions	4
Concessions temporaires	4
Garantie d'intérêt	4
Grandes artères	5
Mode d'exécution	5
Evaluations	5
Situation du réseau en 1851	5
Constitution des grandes Compagnies	6
Situation du réseau en 1857	6

§ 2. — *De* 1859 *à* 1875.

Origine des conventions de 1859	6
Conventions de 1859	6
Taux de la garantie	6
Déversoir	7
Dividende réservé	7
Evaluation de la garantie	7

Pages.

Effet des conventions de 1859 8
Situation du réseau en 1870 8
Chemins d'intérêt local 8
Guerre de 1870-1871 8
Situation des chemins de fer en 1875 8

§ 3. — *De* 1875 *à* 1883.

Création du réseau de l'État 9
Programme Freycinet 9

§ 4. — *Conventions de* 1883.

Origine des conventions de 1883 10
Conventions de 1883 11
Période de moins-values 12
Ralentissement des travaux 13
Relèvement des recettes 13
Diminution de la garantie d'intérêt 13

DEUXIÈME PARTIE

Études et Construction.

Chapitre III. — Études préalables.

§ 1. — *Évaluation du trafic probable.*

Méthode de M. J. Michel 15
Méthode J. Michel, modifiée par M. Cossmann 16
Premier cas 17
Deuxième cas 18
Troisième cas 18
Méthode J. Michel, modifiée en Allemagne 19
Méthode de comptage sur routes 19
Méthode comparative 20

§ 2. — *Conditions d'établissement.*

Pages.

Type et largeur de la voie 21
Voie large 21
Voie normale 21
Voie étroite 22
Choix de la voie 22
Pentes et courbes 24

§ 3. — *Longueur virtuelle d'un tracé.*

Définition de la longueur virtuelle 26
Détermination de la longueur virtuelle 26

CHAPITRE IV. — **Formalités administratives.**

Demande en concession 29
Enquête administrative 29
Formulaire 31
Avant-projet 31
Enquête d'utilité 32
Projet de tracé et de terrassements 32
Désignation des territoires traversés 32
Nombre et emplacement des stations 33
Enquêtes parcellaires 33
Projet d'exécution 33
Arrêté de cessibilité; expropriation 34
Prise de possession d'urgence 34
Estimations, cessions amiables 34
Offres légales; jury 34
Paiement des indemnités ..... 35.
Occupations temporaires 35
Récolement, réception et remise des ouvrages 35

CHAPITRE V. — **Études définitives.**

Conditions générales du tracé 36
Tracé sur la carte 36
Étude sur le terrain 37
Levé du terrain 37
Étude dans le bureau 37
Projet définitif 37
Observations générales 37

Chapitre VI. — **Travaux d'art.**

	Pages.
Tranchées	38
Souterrains	38
Longueurs de quelques grands tunnels	38
Remblais	40
Viaducs	40
Ponts tournants	40
Passages à niveau	41
Clôtures	41
Gabarit	42

Chapitre VII. — **Voie.**

§ 1. — *Matériel de la voie.*

Différentes sortes de voies	43
Voies avec traverses en bois	43
Rails	43
Rail à double champignon	43
Rail à patin	45
Dimensions et poids des rails	45
Longueur des rails	46
Compagnie du Nord	46
— de l'Est	46
— de Lyon	47
— du Midi	47
— d'Orléans	47
— de l'Ouest	47
Réseau d'État	47
Fabrication des rails	48
Usure des rails	49
Épreuves des rails	50
Choix du type de rail	51
Coussinets et éclisses	52
Traverses	53
Augmentation de la durée des traverses	54
Ballast	54

§ 2. — *Pose de la voie.*

Profil de la plate-forme	55

Pages.
Largeur de la voie 55
Gares communes 55
Inclinaison des rails 55
Surhaussement dans les courbes 56
Surécartement de la voie 58
Raccordements paraboliques 59
Rails longs et rails courts en courbe 60
Espacements des traverses 61
Voies métalliques 62
Aiguilles 63
Croisements, traversées obliques 64
Traversées-jonctions 65
Traversées rectangulaires 65
Plaques tournantes 65
Ponts tournants 66
Chariots roulants 67
Ponts à bascule 67
Gabarits 67
Taquets d'arrêt 67
Heurtoirs 68
Fosses à piquer 68

Chapitre VIII. — Bâtiments.

Bâtiments de voyageurs 69
Quais de voyageurs 70
Remises à voitures 70
Quais à rampes 71
Quais de marchandises 71
Halles à marchandises 71
Dépôts de machines 72
Quais à combustible 72
Réservoirs de sable 72
Alimentation d'eau 73
Alimentation en marche 74
Ateliers 74

Chapitre IX. — Dépenses de construction.

§ 1. — *Dépenses générales.*

Dépenses de l'infrastructure 75

Pages.
Double voie 75
Voie unique 76
Exemples 76
Dépenses de la superstructure 77
Voie normale 77
Voie étroite 77
Résumé 77
Amélioration des lignes existantes 77

§ 2. — *Prix partiels.*

Prix de la voie 78
Voie à double champignon en rails de 38 kilogrammes 79
Voie Vignole en rails de 38 kilogrammes 79
Voies lourdes 80
Voie à double champignon en rails de 44 kilogrammes 81
Voie Vignole en rails de 47^{kg},25 82
Chemins de fer économiques 82
Prix d'appareils divers 83
Prix des bâtiments de l'exploitation 84
Prix des passages à niveau 85
Prix des bâtiments pour la traction 85

§ 3. — *Dépenses totales.*

Exemples de lignes à voie normale et facile 86
Exemple de lignes difficiles 87

TROISIÈME PARTIE

Traction.

CHAPITRE X. — **Résistance des trains.**

§ 1. — *Indication des résistances.*

Comparaison des moyens de transport 89
Résistances diverses à la traction 89

§ 2. — *Détermination des formules théoriques.*

Pages.
Frottement des fusées 90
Frottement des roues sur les rails 90
Résistance de l'air 90
Total des résistances en alignement droit et en palier 91
Résistance due aux déclivités 91
Résistance due aux courbes 91
Résistance due aux obstacles accidentels 92
Travail total 92

§ 3. — *Choix des formules pratiques.*

Résistance propre du train 93
Formule de Harding 93
Formule de la Compagnie de l'Est 93
Formule de la Compagnie d'Orléans 94
Formules Fink 94
Résistance due aux déclivités 95
Résistance due aux courbes 95
Résistance de la machine et du tender 97
Formule de la Compagnie d'Orléans 98
Formules de la Compagnie de l'Est 98
Formules de Gooch 99
Formules de Welkner 99
Résistance totale d'un train 99

§ 4. — *Exemples numériques.*

Premier exemple 100
Deuxième exemple 100
Troisième exemple 101

CHAPITRE XI. — **Calcul de la locomotive.**

Définition 102

§ 1. — *Formules théoriques.*

Équation de la puissance 102
Équation de l'adhérence 103

§ 2. — *Formules pratiques.*

Pages.
Coefficients de réduction 103
Réduction due à la pression 103
Réduction due à la vitesse 104
Réduction due aux résistances du mécanisme 104
Valeur de l'adhérence 104
Sablières 105
Valeur du poids adhérent 105
Formules définitives 105

§ 3. — *Application des formules.*

Proportions des organes 106
Diamètre des roues 106
Nombre de tours de roues 106
Cylindres et pistons 107
Pression de la vapeur 107
Chaudière 107
Vapeur dépensée par heure 107
Charbon brûlé par heure 107
Dimensions de la grille 108
Rendement de la chaudière 108
Surface de chauffe des tubes 109
Surface de chauffe du foyer 109
Longueur des tubes 109

§ 4. — *Exemples numériques.*

Premier exemple 109
Dimensions des cylindres 109
Adhérence 110
Calcul de la chaudière : Poids de vapeur 110
Combustible brûlé 110
Surface de grille 110
Surface des tubes 110
Boîte à feu 111
Surface de chauffe totale 111
Production de vapeur 111
Force en chevaux 111
Deuxième exemple 111

§ 5. — *Machines compound.*

Définition 111

Pages.
Inconvénients des machines ordinaires 112
Avantages du système compound 112
Divers types de machines compound 113
Détails de construction 114
Économie des machines compound 114
Equation des machines compound 115

§ 6. — *Renseignements divers.*

Contrepoids des roues 115
Résistance au démarrage 116
Mesure de la surface de chauffe 117
Débit d'un injecteur 117
Explosions de chaudières 117
Force en chevaux 118

CHAPITRE XII. — **Types de locomotives.**

§ 1. — *Locomotives à vapeur.*

Classification 119
Locomotives à grande vitesse 121
Locomotives pour trains directs ou omnibus ou pour lignes de forte rampe 123
Locomotives à marchandises 124
Locomotives de banlieue 124

§ 2. — *Locomotives de systèmes divers.*

Locomotives à crémaillère 125
Traction électrique 127
Voitures automotrices 128

QUATRIÈME PARTIE

Matériel de transport.

Pages.

Préliminaires 129

CHAPITRE XIII. — **Train ou Châssis.**

§ 1. — *Caractères généraux.* 129
§ 2. — *Châssis.* 130
§ 3. — *Essieux.* 130

Parties de l'essieu 130
Efforts 130
Dimensions 131
Ecartement des essieux 132
Essieux convergents 133

§ 4. — *Roues.*

Bandages 133
Corps de roues 134

§ 5. — *Ressorts.* 135
§ 6. — *Graissage.* 136
§ 7. — *Attelages.* 136

Attelage automatique 137

CHAPITRE XIV. — **Caisse.**

§ 1. — *Voitures à voyageurs.*

Types de voitures 138
Construction de la caisse 138
Première classe 138
Deuxième classe 138
Troisième classe 139
Mixtes 139

Pages.
Coupés, salons et voitures-lits 139
Voitures à étages 139
Bureaux ambulants 140
Matériel lourd 140
Prix des voitures 140

§ 2. — *Fourgons et wagons.*

Fourgons 141
Trucks à équipages 141
Ecuries 141
Wagons fermés 141
Wagons à bestiaux, wagons couverts 142
Plates-formes 142
Tombereaux 142
Wagons à coke 142
Wagons-pupitres 142

§ 3. — *Poids mort des véhicules.*

Voitures à voyageurs 143
Wagons à marchandises 143
Wagons de grande capacité 143

§ 4. — *Coefficient d'utilisation.* 144

§ 5. — *Dépréciation du matériel roulant.*

Matériel léger 144
Estimation de M. de Billy 144
Règle des Compagnies françaises 144

§ 6. — *Dépense kilométrique d'achat de matériel remorqueur et roulant.* 146

Chapitre XV. — **Freins.**

Nécessité des freins 147
Frein des machines, contre-vapeur 147
Frein à vapeur 147
Classification des freins des véhicules 147

Pages.
Freins à main 148
Effet des freins 148
Freins continus 148
Freins à air comprimé 149
Freins à vide 150
Prix des freins 151

Chapitre XVI. — Eclairage et chauffage.

§ 1. — *Eclairage des voitures.*

Bougies 152
Huile végétale 152
Huile minérale 152
Gaz 152
Electricité 153
Acétylène 154

§ 2. — *Chauffage des voitures.*

Bouillottes à eau chaude 155
Bouillottes à acétate 155
Bouillottes à sable 155
Chauffage au fer rouge 155
Charbon chimique 156
Poêles 156
Air chaud 156
Thermo-siphons 156
Chauffage Belleroche 157
Chauffage à vapeur 157
Systèmes français 158

CINQUIÈME PARTIE

Exploitation administrative, technique et commerciale.

Chapitre XVII. — Division des services.

Exploitation.

	Pages.
Service central	161
Mouvement	161
Inspections	161
Service technique	161
Contrôle des recettes	161
Service commercial	162
Statistique	162
Services accessoires	162

Chapitre XVIII. — Organisation des gares.

§ 1. — *Désignation des voies.* 163

§ 2. — *Haltes et stations de voyageurs.*

Haltes	163
Stations	164

§ 3. — *Stations de voyageurs et de marchandises.*

Service des voyageurs	165
Service des marchandises	165
Voies de garage	165
Cour des marchandises	166
Halles à marchandises	167

§ 4. — *Gares de bifurcation et d'embranchement.*

Tête d'embranchement	167
Bifurcation de deux lignes	168

Pages.
Gares à plusieurs directions 168
Entrée directe des trains dans les garages 169
Triage des wagons et formation des trains de marchandises 170
Bâtiments 172
Dépôt des machines et ateliers 173

§ 5. — *Gares de tête et de rebroussement.*

Service des voyageurs 173
Gares terminus de voyageurs 174
Grande ligne 174
Banlieue 174
Bureaux de ville 175

§ 6. — *Gares de marchandises.*

Gares pour toutes marchandises 175
Gares spéciales. — Charbons 176
Gares aux pierres et aux fers 177
Gares de transbordement 177

CHAPITRE XIX. — **Exploitation des gares et stations.**

§ 1. — *Personnel.*

Chefs de gare 178
Employés 179
Hommes d'équipe 179
Aiguilleurs 179
Pointeurs 180

§ 2. — *Service des gares.*

Service des trains 180
Manœuvre de trains et de wagons 180
Chargement et déchargement des wagons 182
Embranchements particuliers 183

§ 3. — *Dépenses des gares et stations.*

Rapport des dépenses aux recettes 184
Prix de revient par voyageur 184
Prix de revient de la manutention 184

Chapitre XX. — **Mouvement.**

§ 1. — *Circulation des trains.*

	Pages.
Graphiques de la marche des trains	187
Nature des trains	188
Composition et charge des trains	191
Nombre et espacement des trains	193
Vitesse des trains	195
Trains express	195
Directs et omnibus	196
Trains de marchandises	196
Indicateurs de vitesse	196
Circulation sur une seule voie	197
Circulation normale	197
Circulation temporaire	198

§ 2. — *Personnel des trains.*

Agents des trains	199
Intercommunication	200
Rétribution des agents des trains	201

§ 3. — *Répartition du matériel.*

Bureaux répartiteurs	201
Echange de matériel entre les Compagnies	202
Délais de parcours et prix de location	202
Parcours et utilisation des wagons	204

§ 4. — *Prix de revient et recettes des trains.*

Prix de revient	204
Recette	205

Chapitre XXI. — **Appareils de sécurité.**

§ 1. — *Langage des signaux.*

Définitions	206
Unification des signaux	206
Code des signaux	207
Distance de protection	214

§ 2. — *Description des signaux.*

Pages.
Signaux à main 215
Signaux acoustiques 215
Signaux acoustiques et optiques 215
Signaux fixes 215
Poteaux 215
Disques et carrés 216
Indicateurs de directions 218
Sémaphores 218
Cloches d'annonce 218

§ 3. — *Organisation des signaux fixes.*

Interprétation des signaux fixes 219
Bifurcations 220
Enclenchements 220
Appareils Vignier 221
Appareils Saxby et Farmer 221
Appareils Schnabel et Henning 222
Appareils divers 222
Transmissions rigides, verrous de sûreté, pédales de calage 223
Serrures 224
Appareils du block system 224
Prix de revient 225

§ 4. — *Statistiques des accidents.* 226

CHAPITRE XXII. — **Tarification.**

§ 1. — *Objet et bases de l'exploitation commerciale.*

Objet 229
Systèmes d'exploitation 229
Bases d'établissement 229

§ 2. — *Classification des tarifs.*

Tarif légal 230
Tarifs généraux 230
Tarifs spéciaux 230

§ 3. — *Différentes formes de tarifs.*

Pages.
Tarifs proportionnels 231
Tarifs différentiels 231
Tarifs à bases variables 232
Tarif par zones 232
Tarif postal 232
Tarif à prix ferme 232

§ 4. — *Différentes applications des tarifs.*

Tarifs intérieurs 233
Tarifs communs 233
Tarifs de transit 233
Tarifs d'exportation 233
Tarifs de pénétration 233

§ 5. — *Tarifs en usage.*

Tarifs des voyageurs 234
Taxe moyenne 235
Tarifs des marchandises 236
Tarifs de grande vitesse 236
Tarifs de petite vitesse 238
Tarif général 239
Tarifs spéciaux 240
Homologation des tarifs 240

§ 6. — *Frais accessoires.* 240
§ 7. — *Camionnage et factage.* 241

CHAPITRE XXIII. — **Recettes et dépenses.**

1. — *Recettes kilométriques.*

Grands réseaux 242
Réseaux secondaires 242
Recettes comparées 243
Moyennes générales 243

§ 2. — *Dépenses kilométriques.*

Grands réseaux 244

Pages.
Réseaux secondaires 244
Dépenses comparées..... 244
Moyennes générales..... 244

§ 3. — *Coefficient d'exploitation.*

Définition..... 245
Grands réseaux..... 245
Réseaux secondaires 245
Coefficients comparés..... 245
Coefficients moyens 245
Répartition des recettes..... 246

SIXIÈME PARTIE

Statistique.

Tableau 1. — Développement des chemins de fer du monde au 31 décembre 1906..... 247
— 2. — Résultats de l'exploitation des chemins de fer d'intérêt général en France, en Angleterre et en Allemagne en 1904, 1905 et 1906..... 248
— 3. — Résultats de l'exploitation des réseaux d'intérêt général en 1906..... 250
— 4. — Nombre et puissance des locomotives qui ont été en activité pendant l'année 1906..... 251
— 5. — Consommation des combustibles minéraux par les chemins de fer d'intérêt général en 1906..... 252
— 6. — Comparaison des consommations de combustibles faites par les mines, la métallurgie et les chemins de fer en 1906..... 252
— 7. — Combustibles consommés par les chemins de fer français en 1906..... 253
— 8. — Recettes des chemins de fer de 1891 à 1907..... 254
— 9. — Situation financière des Compagnies françaises 254
— 10. — Avances faites par l'Etat au titre de la garantie..... 255
— 11. — Parcours des machines 256
— 12. — Dépenses du service matériel et traction..... 256

SEPTIÈME PARTIE

Divers.

Pages.
Comité de l'exploitation technique des chemins de fer..... 257
Comité consultatif des chemins de fer..... 258
Convention de Berne pour le trafic international..... 258
Conférences internationales de Berne pour l'unité technique des chemins de fer..... 259
Congrès des chemins de fer..... 260

HUITIÈME PARTIE

Cahiers des charges unifiés des grandes compagnies de chemins de fer français.

Fers de forge d'emplois courants..... 262
Barres rondes en fer pour rivets, boulons et tirants..... 270
Profilés et larges plats en fer d'emplois courants..... 275
Aciers de forge en barres, blooms, billettes, largets, etc., d'emplois courants..... 282
Barres rondes en acier, pour rivets, boulons et tirants..... 292
Profilés et larges plats en acier d'emplois courants..... 299
Barres d'aciers à ressorts..... 305
Tôles d'acier d'usages courants autres que les tôles de chaudières et les tôles à panneaux..... 311
Tôles en acier de 8^{mm} à 30^{mm} d'épaisseur pour chaudières..... 321
Essieux en acier fondu sur sole, bruts de forge, ébauchés ou finis, pour voitures et wagons..... 328
Essieux droits en acier fondu sur sole, bruts de forge, ébauchés ou finis, pour locomotives et tenders..... 335
Corps de roues en acier moulé..... 342
Corps de roues à rayons ou à toile avec nervures, en fer ou en acier soudé..... 348
Corps de roues à centres pleins sans nervures, en fer ou en acier..... 353
Bandages en acier de locomotives, tenders, voitures et wagons..... 357

Pages.
Plaques de foyers et planches en cuivre rouge..... 364
Barres en cuivre rouge pour entretoises et rivets..... 371
Tuyaux en cuivre rouge sans soudure..... 376
Tubes à fumée de chaudières en acier doux..... 380
Tuyaux bruts pour freins à air, intercommunication pneumatique, chauffage par la vapeur, etc..... 383
Pièces en acier moulé..... 386
Viroles pour tubes à fumée..... 392

Partie commerciale.

Liste, par spécialités, des principaux fournisseurs des chemins de fer.. 394

TABLES ET FORMULES USUELLES

Pages.

Arithmétique I
Proportions I
Progressions I
Trigonométrie II
Facteurs usuels III
Géométrie IV
Surfaces IV
Volumes VI
Carrés, cubes, circonférences, surfaces et logarithmes des nombres ou diamètres VII
Arcs, cordes, flèches et surfaces des segments X
Tangentes et cotangentes XII
Sinus et cosinus des angles XIII
Intérêts composés XIV
Temps de l'amortissement XV
Valeur de 1 franc payable à la fin de *n* années XVI
Taux de l'amortissement XVII
Annuités d'amortissement XVIII
Transformation des pentes métriques en degrés d'inclinaison XIX
Transformation des degrés d'inclinaison en pentes métriques XIX
Transformation de fractions ordinaires en fractions décimales XX
Transformation des litres par seconde en litres par minute XX
Mesures métriques XXI
Mesures de la marine XXII
Mesures de longueur XXII
Mesures topographiques XXII
Mesures de volume XXII
Mesures de certaines substances XXII
Mesures anglaises XXIII
Autres mesures étrangères XXIV
Mesures de longueur XXIV
Mesures itinéraires XXIV
Mesures de poids XXIV
Anciennes mesures françaises XXV
Mesures agraires XXVI
Poids et diamètres des monnaies XXV
Monnaies usuelles des pays étrangers XXV
Densités des gaz XXVI

Pages.
Densités des vapeurs XXVI
Densités des liquides XXVI
Densités des solides XXVII
Poids des matériaux de construction XXVIII
Poids des feuilles de tôle en fer laminé, cuivre rouge, plomb, zinc, étain, argent XXIX
Numéros et poids des feuilles de zinc laminé XXIX
Poids des fers carrés et ronds XXX
Météorologie XXXI
Températures XXXI
Vitesse du son et de la lumière XXXI
Pressions des vents XXXI
Neige XXXI
Points de fusion XXXII
Points d'ébullition XXXII
Coefficients de dilatation linéaire XXXII

Extrait du catalogue de la librairie Dunod et Pinat.

1° Electricité, télégraphie, téléphonie XXXIII
2° Mécanique et machines XXXV
3° Chimie et industries chimiques XXXVIII
4° Travaux publics, constructions civiles et architecture XLIII
5° Géologie, minéralogie, mines et métallurgie LVI
6° Administration, législation et divers ..... [illegible]

Feuillets quotidiens de l'Agenda.

AGENDA AIDE-MÉMOIRE

DES

CHEMINS DE FER

PREMIÈRE PARTIE

HISTORIQUE

CHAPITRE I

INDICATIONS GÉNÉRALES

Définition. — Les chemins de fer sont des voies de communication munies de rails sur lesquelles circulent des véhicules remorqués, en général, par des locomotives.

On donne le nom de tramways aux chemins de fer à traction animale, électrique ou autre, qui empruntent le plus souvent les routes et les rues des villes.

Aperçu historique. — Les chemins de fer sont constitués par deux éléments distincts et caractéristiques : la *voie* et la *locomotive*.

L'idée d'interposer entre le sol et les roues des véhicules des bandes de métal destinées à faciliter le roulement était si naturelle qu'on peut dire qu'elle a été connue de toute antiquité ; les Egyptiens, les Romains l'ont appliquée pour le transport de lourds fardeaux ; en Angleterre, en Allemagne, l exploitation des mines de houille se faisait à l'aide de voitures traînées par des chevaux sur des rails en bois garnis de fer ; c'est en 1767 que les premiers rails en fonte furent coulés dans les hauts fourneaux de *Coalbroack*. Les premiers rails en fer furent fabriqués trente ans après dans les usines de *Walbottle*[1] ; ils étaient plats, fixés sur des dés en pierre ; peu à peu, on les fit bombés, on les attacha sur des traverses en bois ; la voie du chemin de fer était ainsi constituée avec sa forme actuelle.

C'est seulement le jour où l'on a substitué à la traction des chevaux

1 *Manuel complet de la construction des chemins de fer*, par Emile With, Paris, 1857.

celle d'un moteur à vapeur perfectionné que l'on a véritablement créé le chemin de fer. Cette idée est relativement récente. Bien des essais eurent lieu, de 1823 à 1829, en Europe et en Amérique ; ils n'avaient pas donné de résultats bien satisfaisants jusqu'au jour où la *Compagnie de Liverpool à Manchester* eut l'idée d'ouvrir un concours à ce sujet[1]. *Georges Stephenson* présenta à ce concours sa locomotive *la Fusée* (*the Rocket*), qui remporta le prix. Cette locomotive, construite en 1830, présentait deux particularités remarquables : la chaudière tubulaire, inventée par *Marc Séguin*, en 1828, et l'échappement placé dans la cheminée en vue d'augmenter le tirage. C'est de cette époque que datent réellement l'invention de la locomotive et, par suite, celle des chemins de fer.

La Fusée pesait 4 tonnes, pouvait remorquer en palier une charge de 13 tonnes à la vitesse de 22 kilomètres. Dès 1832, sur la ligne de Liverpool à Manchester, circulaient des trains de 50 vagons, pesant 200 tonnes et marchant à la vitesse de 16 kilomètres à l'heure. Aujourd'hui, il existe en Europe des machines à grande vitesse capables de remorquer une charge de 400 tonnes à la vitesse de 100 à 110 kilom. en palier, et des machines à marchandises pouvant remorquer 800 à 1.000 tonnes en rampe de 8 à 10 m/m à la vitesse de 25 kilomètres [2].

Développement des chemins de fer. — Les chemins de fer, depuis leur création, ont eu un accroissement rapide et continu. A la fin de 1906, leur développement attaignait 47.000 kilomètres en France, 316.000 kilomètres en Europe et 934.000 kilomètres dans le monde entier.

Le capital de premier établissement consacré à la construction des chemins de fer est évalué à 18 milliards pour la France, à 110 milliards pour l'Europe et à 214 milliards pour le monde entier.

Le nombre de locomotives en circulation en France et en Algérie seulement est de 13.784, représentant une force de 7.164.385 chevaux environ.

Le nombre de voyageurs transportés à 1 kilomètre par les chemins de fer en France (Algérie et Tunisie comprises) dépasse 15 milliards et le nombre de tonnes de marchandises transportées à 1 kilomètre dépasse 17 milliards de tonnes.

Utilité des chemins de fer. — Un mouvement de voyageurs et de marchandises comme celui qui vient d'être indiqué eût été absolument impossible avec les routes ordinaires et avec la traction par

[1] *Traité complet des Chemins de fer*, par G. Humbert, ingénieur des Ponts et Chaussées, Paris, 1891.

[2] *La Locomotive actuelle*, par M. Demoulin, Paris, 1906.

chevaux : on n'eût jamais pu atteindre l'accélération de vitesse et l'abaissement de prix qui sont précisément une des causes de l'extension des transports à laquelle il faut attribuer le développement des relations commerciales, intimement liées aux progrès de l'agriculture et de l'industrie. Les chemins de fer sont une source d'augmentations de richesses.

Connaissant l'abaissement du prix des transports (réduit par les chemins de fer à un quart du prix primitif) et l'augmentation du tonnage transporté, M. Dupuit[1] a traduit en chiffres l'utilité des chemins de fer : mais leur utilité indirecte, qui est bien plus considérable, n'a pas été chiffrée directement. M. Picard[2] évalue à 5 milliards de francs l'augmentation de la production annuelle du pays due à l'influence des chemins de fer. M. Considère[3] estime leur utilité directe et indirecte à 3 milliards et demi au moins, en dehors du revenu qu'ils rapportent à leurs propriétaires.

La facilité et la rapidité des communications par chemins de fer ont transformé la vie sociale et économique des peuples ; l'augmentation de bien-être qui en est résultée est telle qu'on ne saurait aujourd'hui accepter l'existence sans les chemins de fer.

[1] *Annales des Ponts et Chaussées*, 1844 et 1849.
[2] *Traité des Chemins de fer.*
[3] *Annales des Ponts et Chaussées*, 1892.

CHAPITRE II

HISTORIQUE ET RÉGIME DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS

§ 1. — De l'origine aux conventions de 1859.

Premières concessions. — Perpétuité. — La première ligne de chemin de fer établie en France a été celle de Saint-Etienne à Andrézieux : commencée en 1823, mise en exploitation en 1828; elle était destinée uniquement au transport de la houille, la traction était faite par des chevaux : elle était concédée *à perpétuité*.

Les lignes de Saint-Etienne à Lyon (1826), d'Andrézieux à Roanne (1828), d'Epinac au canal de Bourgogne (1830), qui suivirent, furent également concédées *à perpétuité*. Elles étaient uniquement affectées au transport des marchandises.

C'est en 1832, lorsque la locomotive fut substituée aux chevaux, que le transport des voyageurs s'ajouta à celui des marchandises.

Concessions temporaires. — L'importance des chemins de fer apparut alors au Gouvernement, qui reconnut la nécessité de prendre en mains la direction des études et des tracés et de renoncer au système des concessions à perpétuité pour adopter celui des *concessions temporaires* limitées au maximum à quatre-vingt-dix-neuf ans.

La dernière ligne concédée à perpétuité fut celle d'Alais à Beaucaire ; celle de Montrond à Montbrison (1833) fut la première concession temporaire.

De 1833 à 1838, le système des concessions isolées continua à être appliqué. Une crise financière qui survint à cette époque obligea plusieurs Compagnies concessionnaires à demander la diminution de l'étendue de leurs concessions et la revision de leurs cahiers des charges.

Garantie d'intérêt. — En 1840, la Compagnie d'Orléans obtint que sa concession fût portée de soixante-dix ans à quatre-vingt-dix-neuf ans, et, en outre, que l'Etat lui garantît pendant un certain temps l'intérêt à 4 0/0 de la somme de 40 millions engagée dans son entreprise ; il était spécifié que les sommes ainsi versées par l'Etat n'étaient que des avances, qui lui seraient remboursées quand le

revenu net des actions dépasserait 4 0/0. C'est ce qu'on a appelé, depuis, le système de la *garantie d'intérêt*.

Grandes artères. — Une loi du 11 juin 1842 décida la création de grandes artères de circulation et en détermina le mode d'exécution. D'après cette loi, il devait être établi des lignes de chemins de fer partant de Paris et se dirigeant :

Sur la frontière belge, par Lille et Valenciennes ;
Sur l'Angleterre, par le littoral de la Manche ;
Sur l'Allemagne, par Nancy et Strasbourg ;
Sur la Méditerranée, par Lyon, Marseille, Cette ;
Sur l'Espagne, par Tours, Bordeaux, Bayonne ;
Sur l'Océan, par Tours et Nantes ;
Sur le Centre, par Bourges.

Enfin, le même système comprenait les lignes de la Méditerranée au Rhin, par Lyon, Dijon et Mulhouse, et de l'Océan sur la Méditerranée, par Bordeaux, Toulouse et Marseille.

Mode d'exécution. — Quant au mode d'exécution, la loi disposait ce qui suit : l'Etat prenait à sa charge l'acquisition des terrains ; l'exécution du terrassement, des ouvrages d'art et des stations, c'est-à-dire l'établissement de la *plate-forme*, partie la plus importante et la plus aléatoire de la dépense ; il laissait à la charge des Compagnies fermières la fourniture de la voie de fer et du ballast, celle du matériel roulant et l'exploitation du chemin, c'est-à-dire la partie de la dépense qui pouvait être évaluée avec le plus de précision.

Le bail passé avec chaque Compagnie pour l'exploitation du chemin devait déterminer la durée et les conditions de l'exploitation ainsi que le tarif des droits à percevoir ; à l'expiration de ce bail, la valeur de la voie de fer et du matériel devait être remboursée à la Compagnie à dire d'experts.

Évaluations. — Une somme de 126 millions était mise à la disposition du Gouvernement pour exécuter les travaux mis à la charge de l'Etat. La dépense totale prévue pour l'établissement du réseau d'une longueur de 2.500 kilomètres était évaluée à 720 millions, soit 275.000 francs par kilomètre ; le délai d'exécution datait de dix années. La part de la dépense qui incombait à l'Etat était de 150.000 francs kilomètre ; celle qui était demandée à l'industrie privée était de 125.000 francs.

Situation du réseau en 1851. — La loi de 1842 donna une vive impulsion au développement du réseau français, mais une crise financière survenue en 1847 et la crise politique qui éclata en 1848 arrêtèrent le mouvement.

A la fin de 1851, la France n'avait encore que 3.910 kilomètres de lignes concédées, dont 3.546 en exploitation; 583 kilomètres étaient exploités par l'Etat, le surplus était entre les mains de 27 Compagnies particulières. La Grande-Bretagne avait alors plus de 11.000 kilomètres de voies ferrées; l'Allemagne, 5.800; et la Belgique, près de 900.

Constitution des grandes Compagnies. — La première et la plus importante mesure que prit le Gouvernement impérial fut de grouper par région les diverses Compagnies de chemins de fer et de réduire leur nombre à six. Il remania les réseaux, accorda de nombreuses concessions, unifia les cahiers des charges en stipulant une durée uniforme de quatre-vingt-dix-neuf ans pour tous les contrats. La concession du Nord expirait en 1950; celle de l'Orléans, en 1956; celle du Paris-Lyon-Méditerranée, en 1958; celle de l'Est, en 1954; celle de l'Ouest, en 1956; celle du Midi, en 1960.

Situation du réseau en 1857. — De 1852 à 1857, il fut dépensé plus de 2 milliards et, à la fin de 1857, le réseau concédé aux six grandes Compagnies s'élevait à plus de 16.000 kilomètres; il y avait en outre 1.000 kilomètres répartis entre huit Compagnies secondaires.

§ 2. — De 1859 à 1875.

Origine des conventions de 1859. — De 1857 à 1859 survint une nouvelle crise financière. Les Compagnies avaient environ 2 milliards de travaux à exécuter; elles firent appel au public, qui se montra excessivement réservé, car il pensait que les bénéfices des lignes anciennes seraient absorbés par les insuffisances des lignes nouvelles concédées sans subvention ni garantie d'intérêt. Sur la demande des Compagnies, le Gouvernement dut intervenir pour consolider leur crédit. Deux moyens se présentaient : réduire l'importance ou le nombre des lignes présumées les moins productives ou accorder des subventions. Il ne fallait pas songer à supprimer les lignes promises aux populations. C'est donc au second moyen que l'on s'arrêta.

Conventions de 1859. — Le Gouvernement adopta le système de la garantie d'intérêt pour ce motif, dit M. Alfred Picard, que la garantie substituait le paiement éventuel d'un intérêt à celui d'un capital, qu'elle fonctionnait précisément dans la mesure de l'insuffisance des produits et que, d'ailleurs, jusqu'alors, tout en offrant pour les Compagnies un appui moral très utile à leur crédit, elle n'avait imposé aucun sacrifice au Trésor.

Taux de la garantie. — Le taux de la garantie fut fixé à 4 0/0

pendant cinquante ans : on y ajouta l'amortissement calculé au même taux pour la même durée, ce qui le porta à 4,65 0/0.

Déversoir. — Mais cette garantie ne fut appliquée qu'aux lignes récemment concédées, c'est-à-dire à la partie la moins productive des réseaux. Toutefois, comme ces lignes nouvelles devaient augmenter le trafic des lignes anciennes, il fut spécifié qu'un certain revenu serait *réservé* aux lignes de l'ancien réseau, et qu'au delà de ce revenu, les recettes de ce réseau *se déverseraient* sur le nouveau pour couvrir en tout ou en partie l'intérêt garanti par l'Etat ; c'est cette combinaison qui a été désignée sous le nom de déversoir.

Les sommes que l'Etat pouvait avoir à verser à titre de garantie devaient lui être remboursées, avec les intérêts à 4 0/0, dès que les produits du nouveau réseau dépasseraient l'intérêt garanti, et à quelque époque que cet excédent se produisit.

Comme compensation des avantages qui leur étaient accordés, les Compagnies s'engageaient toutes à partager avec l'Etat, à partir de 1872, la portion de leur revenu qui excédait un chiffre déterminé.

Le point de départ de la garantie d'intérêt était fixé au 1er janvier 1864 pour la Compagnie de l'Est, et au 1er janvier 1865 pour les autres.

Dividende réservé. — Le dividende réservé, fixé à un chiffre un peu inférieur à ceux que les lignes anciennes avaient permis de distribuer pendant les années précédentes (sauf pour le Midi, qui allait avoir une notable augmentation de recettes), était, pour le Nord, 50 francs ; pour le Paris-Lyon-Méditerranée, 47 francs ; pour l'Est, 38 francs ; pour l'Ouest, 35 francs ; pour l'Orléans, 70 francs ; pour le Midi, 35 francs.

Evaluation de la garantie. — La garantie d'intérêt devait porter sur un capital de 3.132 millions et correspondait à une annuité maxima de 145.800.000 francs, qui semblait ne devoir jamais être atteinte ; toutefois, en raison des plus-values qui ne devaient pas manquer de se produire, le rapporteur de la loi estimait, en effet, que la charge de l'Etat ne dépasserait pas, annuellement, 15 millions.

En fait, quatre Compagnies seulement ont fait appel à la garantie : ce sont celles de l'Ouest, du Midi, de l'Est et de l'Orléans. Les sommes avancées ainsi par l'Etat ont varié entre 15 et 31 millions par an ; en 1870, par suite de la guerre avec l'Allemagne, l'avance a atteint le chiffre de 62 millions ; elle a varié ensuite entre 30 et 50 millions jusqu'en 1880 ; à cette époque, l'augmentation du trafic a été telle que les Compagnies ont remboursé, en 1881, 6.500.000 francs et, en 1882, 5.800.000. Mais cette extraordinaire prospérité a cessé dès 1883.

Effet des conventions de 1859. — Les conventions de 1859, en garantissant l'intérêt des actions de chemins de fer maintinrent la plus-value que ces actions avaient acquise, consolidèrent le crédit des Compagnies et permirent à celles-ci de se procurer les fonds qui leur étaient nécessaires; il leur fut possible de livrer à l'exploitation plus de 700 kilomètres par an.

La situation économique du pays ayant été modifiée par les traités de commerce de 1860, et l'expérience ayant signalé diverses modifications à apporter dans la répartition des lignes des réseaux concédés, des modifications furent apportées aux conventions de 1859, de nouvelles lignes furent ajoutées aux concessions anciennes.

Situation du réseau en 1870. — A la fin de 1870, la longueur totale des lignes concédées était de 23.401 kilomètres, dont 17.464 étaient en exploitation. La dépense d'établissement de ces lignes était d'environ 461.000 francs par kilomètre. Les lignes de l'ancien réseau avaient coûté 510.000 francs, et celles du nouveau réseau 419.000 francs.

Chemins d'intérêt local. — Une loi du 12 juillet 1865, ayant en vue la création de chemins construits et exploités à bon marché, avait autorisé les départements et les communes à exécuter eux-mêmes ou à concéder des chemins destinés à relier entre elles des localités secondaires et à servir d'affluents aux réseaux d'intérêt général.

En 1870, le réseau d'intérêt local comprenait 1.502 kilomètres de chemins construits ou en construction, dont 268 seulement étaient en exploitation.

Guerre de 1870-1871. — La guerre de 1870-1871 amena une grande perturbation dans les travaux de chemins de fer. La Compagnie de l'Est, par suite de la cession de l'Alsace et d'une partie de la Lorraine à l'Allemagne, perdit 835 kilomètres de lignes; une convention de 1873 lui concéda 358 kilomètres de lignes nouvelles, comprises dans son second réseau.

Situation des chemins de fer en 1875. — A la fin de 1875, la situation des chemins de fer était la suivante: le réseau général comprenait 26.298 kilomètres concédés, dont 19.792 en exploitation; le tout réparti à raison de 23.627 kilomètres entre les six grandes Compagnies et 2.671 kilomètres entre 35 Compagnies secondaires; le réseau d'intérêt local comprenait 4.382 kilomètres concédés, dont 1.804 en exploitation, et ayant la même largeur de voie que la ligne du réseau général.

§ 3. — De 1875 à 1883.

Création du réseau de l'État. — Parmi les 35 Compagnies secondaires, quelques-unes se trouvèrent, en 1875, dans des embarras financiers tels qu'elles ne pouvaient poursuivre la construction des lignes qui leur avaient été concédées, ni même exploiter la partie de ces lignes déjà construite. D'autre part, un certain nombre de Compagnies concessionnaires de lignes d'intérêt local demandaient la revision de leurs contrats ou se trouvaient acculées à la faillite. Le Gouvernement, pour remédier à cette fâcheuse situation, proposa l'incorporation au réseau d'Orléans de 877 kilomètres de lignes appartenant aux Compagnies en détresse; mais ce projet ne fut pas accepté par les Chambres, qui préconisèrent le rachat des Compagnies et l'exploitation de leur réseau par l'Etat.

Le Gouvernement présenta alors (janvier 1878) un projet de loi comportant le rachat de 2.615 kilomètres de lignes d'intérêt général et d'intérêt local provenant des Compagnies et de leur incorporation au réseau général. Il fixait à 270 millions l'indemnité de rachat, et à 60 millions la dépense à faire pour mettre les lignes en état d'exploitation. Le sacrifice de l'Etat, en y comprenant le matériel roulant, était de 500 millions environ, soit à peu près 200.000 francs par kilomètre de ligne. C'est ainsi que fut créé le réseau du chemin de fer de l'Etat, dont l'organisation administrative et financière fut réglée par deux décrets du 25 mars 1878.

Les dépenses furent couvertes par l'émission du 3 0/0 amortissable (loi du 11 juin 1878).

Programme Freycinet. — En janvier 1878, M. de Freycinet, ministre des Travaux publics, conformément aux vues du Parlement, adressa au Président de la République un rapport faisant connaître qu'il avait institué une série de Commissions régionales techniques chargées de dresser le tableau des lignes qui restaient à construire pour compléter le réseau d'intérêt général. Le travail des Commissions régionales, activement poussé, servit de base à un projet que le Gouvernement présenta et qui portait classement de 154 lignes nouvelles et de 53 lignes déjà concédées à titre d'intérêt local. Ces lignes, disséminées sur tous les points de la France, formaient une longueur totale de 8.700 kilomètres; ajoutées aux 8.300 kilomètres de lignes déjà concédées, mais non encore exécutées, elles formaient un total de 17.000 kilomètres qui, à raison de 200.000 francs par kilomètre, représentaient une dépense de 3.400 millions; on comptait répartir cette somme sur dix années correspondant à une dépense annuelle de 340 millions fort admissible, puisque, dans la période 1855-1865, on

avait dépensé 430 millions en moyenne par an. Pour justifier l'application de cette dépense à des lignes à faible produit, le Gouvernement faisait remarquer que le profit qu'on retirerait d'un chemin de fer devait se mesurer non pas à son revenu commercial, mais à l'économie qu'il permettait de réaliser sur les transports, que le prix de 0 fr. 06 par tonne et par kilomètre, auquel se faisaient les transports par voie ferrée, n'étant que le cinquième du prix des transports par terre, le produit des lignes serait égal à 5 fois la recette brute, moins la dépense d'exploitation ; que, si l'on supposait même que cette recette brute fût de 7.000 francs seulement par kilomètre, et qu'elle fût entièrement absorbée par la dépense d'exploitation, le bénéfice serait encore de 28.000 francs, c'est-à-dire de 14 0/0 du capital engagé, et cela sans tenir aucun compte du supplément de trafic qui résulterait pour les lignes existantes de l'établissement des lignes nouvelles.

Le projet de loi, discuté d'une manière très approfondie par la Chambre et par le Sénat, fut adopté le 17 juillet 1879. Il classait définitivement dans le réseau complémentaire d'intérêt général 181 lignes nouvelles d'une longueur de 8.848 kilomètres, dont l'exécution devait avoir lieu successivement.

Un projet analogue fut voté pour l'Algérie ; il classait 20 lignes nouvelles et 2 lignes d'intérêt local comprenant une longueur totale de 1.807 kilomètres.

§ 4. — Conventions de 1883.

Origine des conventions de 1883. — Le programme de 1879 fut mis à exécution : les lignes construites par l'Etat furent les unes exploitées par lui, les autres exploitées par les grandes Compagnies au compte de l'Etat en vertu de traités provisoires. Ces systèmes étaient onéreux : le budget supportait le déficit d'exploitation des lignes nouvelles ; de plus, à une période prospère succéda une période de gêne : une crise financière survenue à ce moment (1882) empêcha l'Etat de faire de nouveaux appels au crédit ; il devenait urgent de prendre un parti. Il ne fallait pas songer à arrêter la construction des lignes promises aux populations ; on fit appel, alors, au crédit des Compagnies et on négocia avec elles les conventions de 1883 en vue de l'achèvement et de l'exploitation du troisième réseau.

Les grandes Compagnies, à cette époque, jouissaient d'une prospérité exceptionnelle [1]. Jusqu'en 1879, quatre d'entre elles avaient fait appel, chaque année, à la garantie d'intérêts pour des sommes variant, au total, de 30 à 50 millions par an. Mais une augmentation considérable s'était produite dans les recettes du réseau d'intérêt général, qui avaient

[1] C. Colson, *Abrégé de la législation des Chemins de fer et Tramways* ; 1 vol. in-18 ; Paris, Paul Dupont, 1901.

passé de 923 millions, en 1879, pour une longueur moyenne exploitée de 22.249 kilomètres, à 1.100 millions, en 1882, pour 25.576 kilomètres. Trois des Compagnies avaient commencé à rembourser leur dette, et, seule, celle de l'Ouest continuait à avoir recours aux avances de l'Etat. Dans ces conditions, il parut possible de faire un large appel à leur concours pour la construction et l'exploitation des lignes nouvelles.

Toutes les conventions antérieures avaient eu pour but de venir en aide à des Compagnies dont le crédit était menacé ; celles de 1883 ont eu pour objet, au contraire, de permettre à l'Etat de s'appuyer sur le crédit des Compagnies en vue de continuer la réalisation d'un programme qui paraissait compromis par suite de la difficulté de la situation financière.

Conventions de 1883. — Les traits principaux des conventions de 1883 peuvent être résumés ainsi :

1° Les Compagnies acceptent la concession d'un grand nombre de lignes nouvelles en exploitation ou à ouvrir (environ 12.000 kilomètres construits ou à construire et 2.000 kilomètres de lignes d'intérêt général ou d'intérêt local déjà concédées à diverses Compagnies secondaires ou aux grandes Compagnies elles-mêmes).

Les Compagnies s'engagent à fournir l'outillage et le matériel roulant nécessaire et à contribuer, en outre, aux dépenses de construction pour une somme qui est fixée, en général, à 25.000 francs par kilomètre, le surplus de la dépense devant être fourni par l'Etat. (Ce chiffre a été réduit ultérieurement à 12.500 francs pour les lignes à voie étroite substituées, par diverses conventions, à quelques-unes des lignes à voie normale primitivement prévues, avec un allongement notable de la longueur concédée.)

Ainsi, contrairement à ce qui avait été fait dans les conventions antérieures pour les lignes dont l'Etat subventionnait la construction, c'est la part contributive des Compagnies qui est fixe, et c'est la part de l'Etat qui reste aléatoire ;

2° Des échanges de lignes font cesser l'enchevêtrement entre le réseau de l'Etat et les réseaux voisins, et des règles posées pour le partage du trafic préviennent la concurrence dans l'avenir ;

3° Au point de vue de la garantie, les conventions suppriment la distinction établie entre les recettes et dépenses annuelles de l'ancien et du nouveau réseau : elles confondent le tout en un compte unique d'exploitation. Pour le Nord et le Paris-Lyon-Méditerranée, la garantie de l'Etat continue à ne s'appliquer qu'aux dépenses faites sur le nouveau réseau.

Sur les recettes nettes du compte unique, chaque Compagnie prélève les sommes nécessaires pour assurer le service de sa dette et des emprunts nouveaux qu'elle contractera, et pour distribuer à ses actionnaires un dividende déterminé (*dividende garanti*). S'il y a insuffisance,

la garantie de l'Etat y subvient : s'il y a un excédent, il est d'abord affecté au remboursement des avances faites par l'Etat au titre de la garantie ; puis, après extinction de la dette, il appartient aux actionnaires jusqu'à ce que le dividende ait atteint un certain chiffre (*dividende réservé*), au delà duquel les bénéfices sont partagés dans la proportion de deux tiers pour l'Etat et un tiers pour la Compagnie ;

4° En ce qui concerne les Compagnies pour lesquelles la vérification des dépenses du compte d'établissement était en retard, les conventions arrêtent le compte au 31 décembre 1882, de manière à ne pas laisser planer d'incertitude sur les faits passés. Les Compagnies ayant fait appel à la garantie, remboursent, sous forme de travaux exécutés sur les lignes nouvelles, les sommes dont elles étaient débitrices, dans des conditions diverses, suivant leur situation ;

5° Pour éviter de grever outre mesure le compte unique d'exploitation en y faisant figurer le déficit des lignes nouvelles, on décide que, pendant une certaine période, ce déficit sera comblé, chaque année, par une émission d'obligations dont le montant viendra s'ajouter au capital d'établissement. Pendant cette période, évaluée alors à une dizaine d'années, les lignes nouvelles formaient un compte spécial appelé *Compte d'exploitation partielle* ;

6° Enfin, les conventions comportaient des clauses fermes stipulant que les tarifs des voyageurs seraient réduits le jour où l'Etat réduirait lui-même l'impôt.

Période de moins-values. — Les auteurs des conventions pensaient que la garantie continuerait à ne pas jouer, et même que la période de partage des bénéfices s'ouvrirait promptement. Malheureusement, la période de prospérité anormale qui avait précédé les conventions devait être suivie d'une période de crise non moins exceptionnelle. Non seulement la plus-value des recettes s'arrêtait dès 1883, mais encore il se produisait, dans les années suivantes, un recul tel que, en 1886, les recettes du réseau d'intérêt général descendaient à 1.023 millions, au lieu de 1.100 millions encaissés en 1882, bien que, dans l'intervalle, la longueur de ce réseau se fût augmentée de 5.100 kilomètres, tant par l'ouverture de lignes nouvelles que par l'incorporation de lignes d'intérêt local. Malgré une réduction notable des dépenses d'exploitation, dès 1884, toutes les Compagnies, sauf celle du Nord, faisaient appel à la garantie, et les déficits des cinq réseaux principaux atteignaient, en 1886, 82 millions. Depuis 1886, la progression régulière des recettes a repris, atteignant en moyenne 30 millions par an, soit 2,5 0/0 de la recette initiale, pour l'ensemble du réseau d'intérêt général ; l'accroissement moyen de longueur n'a été, dans cette période, que de 565 kilomètres par an, représentant 2 0/0 environ de la longueur totale, mais ne donnant guère que 3 à 4 millions comme recettes brutes propres aux lignes nouvelles.

Ralentissement des travaux. — Bien que sensible, l'amélioration n'a pas suffi à réparer l'effet des pertes subies pendant la crise. Aussi a-t-on dû ralentir considérablement l'exécution des travaux neufs, pour retarder le grossissement des annuités à la charge de l'Etat et des insuffisances à la charge des Compagnies. Les dépenses annuelles faites pour la construction des lignes nouvelles ont été ramenées à moins de 80 millions, en sorte que la période d'achèvement des lignes concédées en 1883 paraît devoir se prolonger jusque vers 1908 ou 1910.

Il était, d'autre part, impossible de laisser, pendant une aussi longue durée, les comptes d'exploitation partielle grossir, par l'accumulation des intérêts composés des insuffisances capitalisées annuellement : une série de conventions nouvelles ont décidé que les lignes neuves seraient réunies au réseau garanti, dès le 1er janvier qui suivrait leur ouverture, pour les Compagnies de l'Est, de l'Ouest, du Midi et Paris-Lyon-Méditerranée, et, cinq années après, pour celle d'Orléans.

Relèvement des recettes. — Les plus-values des recettes avaient ramené l'appel fait à la garantie, pour les grands réseaux, aux environs de 50 millions, en 1890 et 1891. La réintégration des insuffisances de l'exploitation partielle et une augmentation notable des dépenses d'exploitation le firent remonter à 100 millions, en 1893. Mais, ensuite, on a réussi à faire face à l'augmentation du trafic, sans accroissement des frais d'exploitation pendant trois ans, et avec un accroissement très modéré les années suivantes. Aussi, en 1899, n'y avait-il plus que deux Compagnies, l'Ouest et le Midi, faisant appel à la garantie, pour 9 millions seulement, tandis que l'Orléans et l'Est commençaient à rembourser leur dette, et que le Paris-Lyon-Méditerranée avait remboursé la sienne par anticipation.

Dans les années suivantes, les dépenses des Compagnies ont augmenté sensiblement, surtout à cause du renchérissement du prix du combustible et de l'application des nouvelles prescriptions ministérielles concernant la réglementation du travail. Il en est résulté qu'en 1901, les Compagnies P.-L.-M. et de l'Est ont dû elles-mêmes faire appel à la garantie d'intérêt. En 1902, l'Ouest, le Midi et l'Est ont reçu de ce chef 25 millions ; de 1904 à 1906, l'Ouest seul a fait appel à la garantie ; en 1907, l'Ouest a reçu 16 millions, et le Midi environ 5 millions, tandis que les autres Compagnies ont opéré des remboursements ou partagé des bénéfices avec l'Etat.

Diminution de la garantie d'intérêt. — Depuis lors la progression des produits nets a permis de diminuer chaque année l'appel à la garantie, qui, défalcation faite des remboursements, a été au total de :

44,5 millions	en 1901	11 millions	en 1903
25,5 —	1902	9,5 —	1904

En 1905 et 1906, les remboursements ont dépassé respectivement de 12 et de 22 millions les appels à la garantie. En 1907 les règlements se sont de nouveau soldés par un appel à la garantie de 3.5 millions.

DEUXIÈME PARTIE

ÉTUDES ET CONSTRUCTION

CHAPITRE III

ETUDES PRÉALABLES

Lorsqu'il s'agit d'établir un chemin de fer, la première question à résoudre, avant de commencer toute étude sur le terrain, est de savoir s'il faut le construire et dans quelles conditions on doit le construire [1] : voie large, voie étroite, traction mécanique, traction à chevaux, etc. Pour cela, il faut faire une évaluation du trafic probable de la ligne et une évaluation des dépenses de construction et d'exploitation.

§ 1. — Évaluation du trafic probable.

Il est difficile, sinon impossible, de prévoir exactement ce que sera le trafic d'une ligne de chemin de fer projetée; diverses méthodes sont suivies, pour faire cette évaluation :

Méthode de M. J. Michel. — M. Michel a proposé la formule suivante [2] :

$$T = 2g\,(m + n)\,Sp,$$

dans laquelle :

T représente le trafic kilométrique en voyageurs et en marchandises ;

g, le rapport entre la longueur de la ligne et la distance qui sépare le point où elle aboutit à une artère existante du centre de gravité de la population desservie par l'embranchement projeté ;

Sp, la population desservie par l'embranchement.

Pour établir ces données, M. Michel a fait le relevé des stations de

1 *Cours de Chemins de fer professé à l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées*, par C. Bricka, Paris, 1894 (Encyclopédie Lechalas).

2 *Annales des Ponts et Chaussées*, 1868, p. 145.

chemins de fer en France et a mis en regard : 1° la population de chaque *localité-gare* (c'est-à-dire de la localité desservie directement par une gare); 2° le nombre de voyageurs expédiés; 3° la demi-somme des marchandises expédiées et reçues, non compris le tonnage auquel donnent lieu les usines et les carrières importantes. En divisant chacun des deux derniers nombres par le premier, il a obtenu en moyenne :

$$m = 6,50;$$
$$n = 2,10.$$

Il arrive, la plupart du temps, que l'on a $y = 0,66$ pour une ligne en impasse. En estimant à 0 fr. 065 la recette kilométrique par voyageur transporté (impôt non compris) et à 0 fr. 0615 celle par tonne de marchandises, on a, pour la recette probable :

$$R = 0,68p.$$

Cette méthode, fondée sur le rapport qui doit nécessairement exister entre le trafic d'une ligne et l'importance de la population qu'elle dessert, donnait des résultats suffisamment approchés à l'époque où les mailles des réseaux étaient encore peu serrées et où les contrées à desservir avaient une population à peu près aussi dense et une importance commerciale à peu près aussi grande que celles des régions déjà traversées par les lignes existantes ; mais aujourd'hui, où il ne reste plus guère à desservir que des régions ne pouvant donner lieu à un trafic notable, il est nécessaire de faire intervenir des éléments nouveaux dans le calcul : aussi la méthode de M. Michel a-t-elle été modifiée pour être rendue plus précise.

Méthode J. Michel, modifiée par M. Cossmann[1]. — On se procure une bonne carte indiquant le tracé de la ligne à construire, les voies ferrées existant aux environs, dans un rayon de 8 à 10 kilomètres, les voies de communication, routes et chemins de toute nature, les communes que desservent les gares des chemins de fer existants, et celles que desserviront les gares de la ligne projetée. Puis on trace les chemins conduisant de ces communes aux gares, en noir pour l'ancien itinéraire, en rouge pour le nouveau ; il est facile alors, par la comparaison de la longueur de ces itinéraires, des facilités d'accès qu'ils présentent et des réductions de parcours auxquelles ils paraissent devoir donner lieu, de faire le compte de la population desservie, pour chaque gare, dans l'ancien état de choses et dans le nouveau : on inscrit ce résultat à côté du nom de la station.

On recherche ensuite, pour celles de ces stations qui existent déjà,

[1] Publiée, avec exemples à l'appui, dans la livraison de janvier 1879 de la *Revue générale des Chemins de fer.*

le nombre de voyageurs expédiés et la demi-somme des expéditions et des arrivages en tonnes de marchandises, pendant un an, en ayant soin, comme le fait d'ailleurs M. Michel, de distraire du mouvement des marchandises celui qui serait afférent à des usines importantes dont les transports exceptionnels fausseraient le chiffre de la moyenne caractéristique du mouvement de la contrée.

On totalise ces résultats en séparant les voyageurs des marchandises, et l'on divise chacun d'eux par le chiffre total de la population, que desservaient anciennement ces stations; on obtient ainsi le coefficient de transport de la contrée, en nombre de voyageurs et en tonnes.

Lorsque, au lieu de prendre seulement la population de la localité-gare, on tient compte des communes réellement desservies par chaque station, ces chiffres s'écartent peu des moyennes suivantes :

2 à 4 voyageurs par habitant et par an;
1 à 2 tonnes — —

Quant au mouvement industriel de quelques usines importantes, telles que les transports des sucreries, des usines métallurgiques, etc., on doit le compter à part.

Cela posé, M. Cossmann admet trois cas, suivant que la ligne à établir sera terminée en impasse et qu'elle ne renfermera aucun centre de population donnant lieu à un trafic intérieur important, ou qu'étant en impasse elle desservira des localités donnant lieu à un trafic intérieur important, ou enfin qu'elle sera reliée à ses deux extrémités.

Premier cas. — On calcule le nombre d'*habitants kilométriques* destinés à utiliser cette ligne, c'est-à-dire la somme des produits des populations que desservira chaque gare par la distance qui séparera cette gare de l'origine de l'embranchement.

Soient :

p_1, p_2, p_3, etc., les populations des stations;
l_1, l_2, l_3, etc., leurs distances à l'origine de l'embranchement.

Ce nombre d'habitants kilométriques est égal à :

$$p_1 l_1 + p_2 l_2 + p_3 l_3 + \text{etc.} = Spl\ ^1.$$

Si v et t représentent les caractéristiques du mouvement par habitant en voyageurs et en tonnes de marchandises, le chemin projeté aura, en doublant pour tenir compte de l'aller et retour, un mouvement

[1] Si l'un des groupes, p_1 par exemple, est très voisin du point de soudure de l'embranchement, et qu'il y soit relié par de bonnes routes, il sera prudent de ne compter que sur $\frac{p_1}{2}$.

de :

$2Spl \times v$ voyageurs kilométriques ;
$2Spl \times t$ tonnes —

Si d et d_1 sont les tarifs moyens [1] perçus par les Compagnies pour le transport des voyageurs et des marchandises (impôt déduit), la recette brute de la ligne sera :

$$R = 2Spl\,(vd + td_1),$$

et la recette kilométrique, L étant la longueur de la ligne, sera :

$$K = \frac{2Spl\,(vd + td_1)}{L}.$$

On ajouterait au chiffre R, s'il y avait lieu, la recette spécialement due au mouvement industriel.

Deuxième cas. — S'il se trouve sur la ligne un centre important, comme un chef-lieu de canton, par exemple, on divisera les habitants desservis par chaque gare en deux groupes :

Le premier groupe correspondra aux transports de provenance ou à destination des *au delà :* le second se composera des relations du chef-lieu avec les diverses stations de la ligne.

Il n'est possible d'établir approximativement cette distinction qu'en consultant les écritures des services de correspondance existant actuellement, tels que les messagers et les voitures, et en prenant le rapport entre le trafic d'*au delà* et le trafic intérieur qu'accusent ces registres.

Dans ce cas, soit p la population desservie par une gare ; on sait assez exactement que ap habitants ont leurs relations au delà de l'embranchement, et que $(1 - a)\,p$ habitants ont leurs relations avec un centre situé à une distance l' ; au lieu de pl, on devra donc compter, pour cette station :

$$apl + (1 - a)pl'.$$

On aura, par suite, pour la recette brute :

$$R = 2\,[aSpl + (1 - a)\,Sl'p]\,(vd + td_1).$$

Troisième cas. — L'embranchement étant relié à ses deux extrémités, on doit se préoccuper, d'une part, du trafic intérieur, et, d'autre part, du trafic d'au delà dans les deux directions.

Pour obtenir la subdivision de la population desservie, on doit encore recourir aux services de correspondance existants.

[1] Sur les petites lignes, où les tarifs sont généralement plus élevés que sur les grandes, et où il se fait peu de transports à bas prix, tels que la houille, les minerais, etc., ces tarifs diffèrent peu de 0,04 par voyageur et de 0,087 par tonne kilométrique alors que sur les grands réseaux le produit moyen est de 0,037 par voyageur et de 0,047 par tonne kilométrique de marchandises.

Si l'on trouve que, sur la population desservie par une gare une fraction a se porte à une extrémité de l'embranchement, une fraction b à l'autre extrémité, et enfin le surplus $(1 - a - b)$ au chef-lieu de canton situé à une distance l', on aura, pour la recette, L étant la longueur de l'embranchement :

$$R = 2[aSpl + bSp(L - l) + (1 - a - b)Spl'](vd + td_1).$$

Enfin, on tient compte, en outre, du trafic de transit, d'ailleurs très faible en général.

Méthode J. Michel, modifiée en Allemagne. - Dans le but de donner plus de précision à la recherche du *coefficient caractéristique* de la contrée, et de faire ressortir l'influence spéciale que les localités voisines et le territoire environnant exercent plutôt sur les petites stations que sur les grandes, deux ingénieurs allemands, MM. Richard et Mackensen, ont interprété ainsi la méthode de M. Michel ; ils ont groupé les stations en cinq catégories.

Dans le premier groupe se trouvent celles dont la population est inférieure à 500 habitants ; dans le second se trouvent celles dont la population est de 500 à 1.000 habitants ; puis viennent celles de 1.000 à 2.000, de 2.000 à 5.000 habitants et, enfin, celles qui ont plus de 5.000 habitants.

Au lieu d'un coefficient unique m ou n donnant le nombre de voyageurs ou de tonnes par habitant, on a ainsi cinq coefficients : m et n, m_1 et n_1, m_2 et n_2, etc. Ils ont trouvé, d'ailleurs, que les coefficients vont en diminuant à mesure que la population augmente.

Cette subdivision est évidemment rationnelle ; mais il est plus simple de tenir directement compte de la population réellement desservie par les lignes ferrées : ici encore le rôle du trafic intérieur est laissé de côté.

Méthode de comptage sur routes. — Quelques ingénieurs ont proposé de compter le nombre de voyageurs et la quantité de marchandises correspondant au nombre de colliers qui circulent annuellement sur les routes, dans la direction de la ligne du chemin de fer projeté, et de multiplier ces nombres par 2 ou par 3, pour tenir compte de l'augmentation de trafic qui sera la conséquence de l'emploi du chemin de fer [1].

[1] La majeure partie des chemins de fer construits sous l'empire de la loi de 1865 donnaient à peine, après quelques années d'exploitation, de 5.000 à 7.000 francs de recettes par kilomètre de ligne, alors que, lors de la construction de ces lignes, les prévisions de recettes ayant pour base les comptages de colliers sur les routes avaient indiqué des recettes de 12.000, de 15.000 et même de 20.000 francs par kilomètre (Baum, *Annales des Ponts et Chaussées*, novembre 1878, p. 492).

Méthode comparative. — Il n'y a qu'une méthode à recommander, dit M. Bricka, celle qui est basée sur l'étude directe des ressources de la région à traverser et sur la comparaison avec des lignes similaires déjà construites.

Pour déterminer le trafic des voyageurs, il faut rechercher la population des localités à desservir et voir, pour les stations de chemins de fer qui existent dans la région, quel est le rapport du nombre de voyageurs à la population. Dans la comparaison, il faut tenir compte, d'ailleurs, des foires et marchés, des usines locales, etc. Dans la plupart des cas, on n'envisage que la population groupée dans une double zone de 5 kilomètres de largeur de part et d'autre de la ligne. La proportion entre le trafic et la population d'une station décroît très rapidement avec la distance et devient presque insignifiante lorsque celle-ci dépasse 10 kilomètres. M. Considère a trouvé que le nombre des voyageurs que donne une population est à peu près inversement proportionnel à sa distance aux stations augmentée de 300 mètres, et que la recette fournie par ces voyageurs est à peu près proportionnelle à la même distance augmentée de 1 kilomètre[1].

Pour évaluer le trafic des marchandises, il faut considérer les ressources du pays, la nature des produits et la direction qui leur est donnée ; dans le cas où un chemin de fer existe déjà dans le voisinage, il ne faut pas manquer de voir si le mode d'exploitation future de la ligne doit entraîner des frais de transmission et de transbordement qui auront une influence sur la direction donnée aux marchandises. Il faut évaluer aussi le trafic de transit. Enfin, il faut tenir compte de l'extension probable que prendront les usines et les exploitations de la région, par suite de la facilité d'écoulement de leurs produits ; mais, dans cette évaluation, on ne doit pas perdre de vue que l'augmentation de trafic due à la création du chemin de fer ne se développe que graduellement. On estime généralement que, pendant les quatre ou cinq premières années, le trafic augmente de 5, 6 ou 7 0/0 : pendant les quatre ou cinq années qui suivent les premières, la progression est de 3, 4 ou 5 0/0 ; elle finit par prendre une marche régulière qui ne dépasse pas 2 à 3 0/0.

§ 2. — Conditions d'établissement[2].

Lorsqu'on a évalué le trafic probable de la ligne projetée, il faut déterminer les éléments de sa construction. Ces éléments sont de deux sortes : 1° ceux qu'il n'est plus possible de faire varier après la cons-

[1] *Annales des Ponts et Chaussées*, janvier 1879.

[2] *Utilité des Chemins de fer d'intérêt local* (*Annales des Mines*, 1893, 2e volume).

truction de la ligne : tels sont le type et la largeur de la voie, les déclivités, les rayons des courbes; 2° ceux que l'on peut modifier si les besoins futurs de l'exploitation l'exigent : dimensions des gares, nombre de maisons de garde, passages à niveau, etc.

Type et largeur de la voie. — Les voies ne se classent pas seulement en voie large, voie normale, voie étroite comme lorsqu'on ne construisait que des chemins de fer à deux files de rails. Depuis quelques années, et grâce à la traction électrique, on construit et on exploite avec succès des chemins de fer monorails [1]. Toutefois, ceux-ci étant peu nombreux jusqu'à présent, il sera question presque exclusivement des chemins de fer à deux rails, dans ce qui va suivre.

Voie large. — La ligne de Sceaux (Paris à Limours) a été exploitée jusqu'en 1883 à voie large : elle avait $1^m,75$ entre les bords intérieurs des rails ;

En Angleterre, le Great-Western Railway avait des voies de $2^m,135$ d'écartement. Il fut exploité pendant un certain nombre d'années avec une voie mixte à trois rails donnant la voie large et la voie normale; mais cette situation comportait l'emploi d'un double matériel : toute la ligne fut ramenée peu à peu à la largeur de la voie normale et, dès 1892, cette dernière demeura seule en service ;

En Hollande, la voie primitive était de $1^m,900$; elle a été ramenée à $1^m,435$;

En Espagne et en Portugal, la voie est de $1^m,680$ ou plus exactement de $1^m.670$ à $1^m,676$;

En Irlande, on rencontre des voies de $1^m,50$;

En Russie, la voie large ($1^m,524$) se trouve partout, sauf sur les lignes de Varsovie à Vienne et à Bromberg, qui ont la voie normale ;

Aux Etats-Unis d'Amérique, on emploie surtout la voie large, quoiqu'on y rencontre diverses largeurs de voie (de $1^m,44$ à $1^m.83$); au Brésil, les chemins de fer sont à $1^m,60$; aux Indes anglaises, ils ont $1^m,687$.

Voie normale. — A part les exceptions ci-dessus, la majorité des voies ferrées a adopté la voie normale désignée sous le nom de voie de $1^m,44$.

L'importance toujours croissante du trafic international a conduit les Etats et les Compagnies de chemins de fer à fixer pour l'écarte-

[1] Voir le système Lartigue employé sur la ligne de Feurs à Panissières (Loire) 17 kilomètres ; sur la ligne de Listowel à Ballybunion (Irlande) 10 kilomètres.

Voir le système Langen employé sur la ligne de Barmen-Elberfeld (Allemagne) 13 kilomètres.

Voir le système Brennan (en projet) utilisant l'action d'un gyroscope pour maintenir en équilibre les voitures et wagons, voir aussi le système Howard-Tunis, également en projet.

ment des voies des règles qui permettent l'échange du matériel roulant.

Ces règles ont été ainsi formulées par la Conférence de Berne :

	Maximum millimètres.	Minimum millimètres.
La largeur de la voie des chemins de fer (mesurée entre les bords intérieurs des têtes des rails), pour les voies neuves à poser et pour les voies à réfectionner, ne mesurera, dans les alignements droits, pas moins de	—	1.435
Dans les courbes, l'écartement des rails n'excédera pas, y compris le surécartement.....	1.465	—

La voie normale de 1m,44 est donc définie par ces deux nombres.

Voie étroite. — Il existait un peu partout des chemins de fer à voie étroite de différentes largeurs[1], lorsqu'en France la voie de 1 mètre, pour les chemins de fer à voie étroite, fut prescrite par une circulaire ministérielle du 12 janvier 1888; la voie de 0m,60 a été admise depuis.

Choix de la voie. — Pour déterminer la voie à employer, il faut faire une étude spéciale pour chaque type et mettre en balance, d'une part, les dépenses de construction et d'exploitation entraînées par chaque type et, d'autre part, les avantages et les inconvénients de chacun d'eux.

On estime que le chemin de fer monorail de Barnem-Elberfeld coûte moitié moins, par kilomètre, que le chemin de fer aérien de Berlin et dix fois moins que les voies suburbaines de Londres.

Quant aux chemins de fer à deux rails, la voie de 1 mètre coûte un peu moins cher que la voie de 1m,44, parce que la plate-forme est plus

[1] On pouvait citer

Les chemins de fer du département de la Somme, établis avec une voie de 1m,25;

L'Indian Branch Railway, dans les Indes anglaises, établi à 1m,22;

La ligne de Mondalazac à Salles-la-Source (Aveyron), dont la voie a 1m,10;

Les chemins du Nord-Est du Queensland (Australie) et ceux de Grundsett à Hamar et de Trondhjen à Storen (Norvège), établis avec une voie de 1m,067;

Le chemin d'Anvers à Gand, en Belgique, établi avec voie de 1 mètre; en France, les chemins industriels de la sucrerie de Tavaux-Pontsericourt (Aisne) et de Commentry au canal du Berry à Montluçon étaient aussi à voie de 1 mètre :

Le chemin du Broelthal, en Westphalie, cercle de Siegen, dont la voie a 0m,816;

Le chemin du Festiniog, qui réunit Dinas à Portmadoc (Angleterre), qui est établi avec une voie de 0m,61.

étroite, que les traverses sont plus petites, que le cube de ballast est moindre; la différence est de 2.000 à 3.000 francs par kilomètre en général, mais elle permet de réaliser des économies considérables sur le tracé, grâce à la réduction des rayons des courbes. C'est ainsi que, sur la ligne d'Anvin à Calais, on a pu, à la traversée d'une vallée, en réduisant de 150 mètres à 130 mètres le rayon d'une courbe, abaisser de 40.700 mètres cubes à 16.100 mètres cubes le cube des terrassements. Avec un rayon de 100 mètres, le cube serait descendu à 8.000 mètres cubes.

L'étude comparative de divers tracés de chemins de fer à voie large dans la région accidentée d'Anvin à Calais a montré que la dépense kilométrique d'infrastructure (terrassements et ouvrages d'art seulement) s'élève en moyenne, pour la voie étroite, à environ 10.000 francs, tandis qu'elle atteindrait pour la voie large plus de 100.000 francs [1].

Sur le chemin de fer de la Mure (Isère), l'emploi de la voie de 1 mètre avec courbes de faibles rayons a permis de placer la ligne à flanc de coteau dans des vallées très escarpées; on n'a dépensé que 330.000 francs par kilomètre, alors qu'avec la voie large on eût atteint près de 1 million par kilomètre.

D'après M. Baum, la dépense moyenne de construction, par kilomètre de voie étroite à $0^{m},75$, y compris le matériel roulant, sera, si la voie est établie sur une plate-forme spéciale, d'environ 65.000 francs. Si la voie est posée sur l'accotement d'une route, la dépense sera de 47.000 francs.

L'adoption de la voie large nécessiterait, dans les terrains peu accidentés, une dépense kilométrique moyenne d'environ 100.000 francs, dans les pays accidentés, cette dépense s'élèverait au delà de 120.000 francs.

Ces prix s'entendent de voies construites aussi simplement et aussi économiquement que possible [2].

Les frais d'exploitation sont à très peu près les mêmes pour la voie de 1 mètre comme pour la voie normale; la Société des Chemins de fer économiques, dit M. Bricka, qui exploite des lignes à voie normale et d'autres à voie de 1 mètre, dans les mêmes conditions de trafic, arrive à la même dépense dans les deux cas. Certaines Compagnies accusent cependant des différences de 1/5 à 1/3 en faveur de la voie étroite.

En résumé, les économies de la voie étroite par rapport à la voie large doivent faire l'objet d'une étude approfondie dans chaque cas

[1] *Note sur l'influence des rayons des courbes sur les dépenses d'exécution des terrassements,* par M. G. Arnoult (*Revue des Chemins de fer.* avril 1883).

[2] *Étude sur les Chemins de fer d'intérêt local*, par M. Baum (*Annales des Ponts et Chaussées*, novembre 1878).

particulier ; on doit les mettre en parallèle avec les avantages de la voie large : suppression du transbordement, possibilité du transit, échange du matériel, extensions futures au point de vue du trafic et des vitesses.

Pentes et courbes. — Les premiers chemins de fer construits en France suivaient généralement les vallées, les cours des fleuves et des rivières, et c'est seulement pour passer d'un bassin hydrographique dans un autre que l'on a admis un tracé présentant des pentes supérieures à 0,005 par mètre et des courbes d'un rayon inférieur à 800 ou 1.000 mètres.

Depuis, grâce aux perfectionnements apportés aux locomotives, on est devenu moins rigoureux et, quand le trafic de la ligne projetée n'est pas très important, on considère comme acceptable un tracé établi avec des pentes maxima de 15 millimètres et des courbes d'un rayon minimum de 500 mètres ; dans les pays difficiles, on ne recule pas devant l'établissement de chemins à pente de 20 à 25 millimètres avec courbes de 180 mètres et même de 150 mètres de rayon. On a atteint et même dépassé ces limites sur des lignes d'une certaine importance. On peut citer par exemple :

Les lignes d'accès au *tunnel du Saint-Gothard*, qui présentent des rampes de $0^m,026$

La *traversée de l'Apennin*, avec une rampe de $0^m,035$;

Le *chemin de fer de Saint-Germain*, qui présente une pente de $0^m,036$ sur une longueur de 1 kilomètre ;

Le *chemin de fer d'Enghien à Montmorency*, qui présente une rampe de $0^m,045$ sur 1.030 mètres de longueur ;

La *ligne de Morbier à Morez* (*P.-L.-M.*), qui comporte des viaducs en courbe de 180 mètres de rayon et en pente de $0^m,025$.

Aux États-Unis, sur le chemin de Richmond à l'Ohio, la pente atteint $0^m,056$ par mètre.

L'adoption de fortes pentes et de courbes d'un faible rayon exige des dispositions spéciales, telles que l'installation de contre-rails sur la file intérieure des rails, etc., et donne lieu, d'ailleurs, à une exploitation très onéreuse.

Lorsqu'il s'agit d'une ligne à petit trafic, dont toutes les marchandises pourraient être enlevées par les trois ou quatre trains mixtes dans chaque sens que nécessite le service journalier des voyageurs, l'adoption de fortes pentes et de courbes d'un petit rayon n'a pas d'inconvénients sérieux ; mais, dès que la ligne projetée a un trafic assez important, il faut réduire les pentes et augmenter le rayon des courbes. On doit donc peser, d'un côté, l'augmentation des charges d'exploitation causées par un profil accidenté et, de l'autre, l'augmentation des dépenses de premier établissement à laquelle conduit une amélioration de tracé.

A titre d'indications très générales, concernant les lignes à deux rails, on peut admettre les chiffres suivants

Un trafic de 6 à 8.000 francs par kilomètre autorise l'emploi de pentes de 20 à 25 millimètres ;

Un trafic de 8 à 15.000 francs autorise des pentes de 10 à 15 millimètres ;

Un trafic supérieur à 15.000 francs, et surtout un trafic de transit, demande des pentes ne dépassant pas 5 à 8 millimètres.

On doit aussi ranger dans cette dernière catégorie les chemins stratégiques destinés aux transports de mobilisation ou de concentration.

Quand une courbe est combinée avec une pente, il faut rechercher à quelle pente nette équivaut la courbe (V. p. 29), et considérer que la pente réelle, la pente nette, est la somme de cette pente fictive et de la déclivité réelle.

Il résulte d'une étude de M. Amiot[1] que 1 kilomètre de ligne doit être compté pour

1.000 mètres	si la déclivité est de	0 à 5	millimètres par mètre
1.200	—	5 à 10	—
1.400	—	10 à 15	—
1.600	—	15 à 20	—
1.800	—	20 à 25	—
2.000	—	25 à 30	—
2.200	—	> 30	—

Dans tous les cas, les courbes ne doivent pas descendre, en général, au-dessous de 300 mètres de rayon ; dans les gares et sur certaines parties de lignes où la circulation se fait à faible vitesse, les courbes peuvent descendre à 180 mètres et même à 150 mètres. Ces chiffres peuvent être adoptés couramment dans les lignes à voie de 1 mètre de largeur.

En règle générale, une rampe ne peut être suivie d'une pente sans en être séparée par un palier horizontal ou un raccordement parabolique d'une longueur de 100 mètres au moins, afin d'éviter les ruptures d'attelage.

De même, deux courbes en sens inverse ne se suivent jamais sans être séparées par un alignement droit qui évite les conséquences d'un brusque changement de sens dans la force centrifuge.

Il semble que la longueur minimum de l'alignement à conserver soit comprise au minimum entre 60 et 40 mètres pour les voies normales, cette longueur pouvant descendre à 20 mètres pour les voies de 1 mètre de largeur[2].

[1] *Influence des pentes sur le prix de revient de marchandises en petite vitesse kilométrique d'une tonne* (*Annales des Mines*, 1879).

Bulletin du Congrès international des Chemins de fer, rapport de M. du Bousquet, août 1892, p. 2570.

§ 3. — Longueur virtuelle d'un tracé.

Définition de la longueur virtuelle. — L'étude d'une ligne de chemin de fer conduit généralement à plusieurs solutions qui ne diffèrent entre elles que par la longueur, l'importance des déclivités, les rayons des courbes, le cube des terrassements, l'importance des ouvrages d'art et la dépense kilométrique.

Il est intéressant de rechercher, dans ce cas, quelle est celle des variantes qui a la moindre *longueur virtuelle*.

On entend par *longueur virtuelle* la longueur qu'aurait une ligne *horizontale* et *rectiligne* qui serait équivalente à la variante examinée.

La longueur virtuelle varie naturellement suivant le point de vue auquel on se place pour rechercher l'équivalence.

Ainsi on peut vouloir déterminer :

La longueur virtuelle relative à la résistance ;

La longueur virtuelle relative aux dépenses d'exploitation ;

La longueur virtuelle relative aux dépenses de transport ;

La longueur virtuelle relative aux frais de traction ;

La longueur virtuelle relative aux prix des tarifs ;

La longueur virtuelle relative aux vitesses.

On détermine généralement la longueur virtuelle relative à la résistance ou au travail mécanique.

Détermination de la longueur virtuelle. — Relativement au travail mécanique, la longueur relative d'une ligne de chemin de fer AB, en rampe et en courbe, est la longueur d'une ligne idéale horizontale et rectiligne, sur laquelle le travail à développer (ou la résistance à vaincre), à égalité de vitesse, est le même que sur la ligne AB, pour le transport d'une tonne de poids brut.

Il existe, pour la détermination de la longueur virtuelle, un assez grand nombre de formules que M. Baum a proposé de remplacer par la méthode approximative, mais pratique et simple, résumée ci-après :

Le calcul de la résistance qu'éprouve un train sur une section en rampe et en courbe est un des problèmes les plus compliqués de la science appliquée. En théorie pure, il s'agirait de déterminer le travail à développer pour transporter des trains pesants, d'un point à un autre. Dans la pratique, un grand nombre d'éléments les plus divers viennent influer sur la valeur de ce travail. Le diamètre des fusées des essieux de véhicules, l'écartement des essieux, le type de la locomotive, le graissage à l'huile ou à la graisse, le graissage des bandages des roues motrices, le jeu des essieux dans les boîtes à graisse, la nature des rails et des bandages, l'état de la voie, les conditions atmosphériques, la direction et la vitesse du vent, la vitesse et

la nature du train, etc., sont autant de facteurs variables influant sur la résistance à surmonter par la machine, et qui peuvent faire varier cette résistance du simple au double. Il serait difficile d'arriver à une formule pratique tenant compte de tous ces éléments. Pour établir sa méthode, M. Baum se place dans des conditions nettement définies. Il ne considère que des trains de marchandises; la machine qui remorquera les trains est à trois essieux couplés avec tender séparé, du type de la machine du Bourbonnais ; cette machine est, en effet, en temps normal, la véritable machine des trains de marchandises. L'écartement des essieux des véhicules varie de $2^m,75$ à 3 mètres.

On considère une section en rampe et en courbe, et on désigne par :

L, la longueur réelle de cette section ;
aL, l'accroissement de longueur virtuelle dû à la rampe ;
bL, l'augmentation de longueur virtuelle provenant de la résistance de la courbe ;
Lv, la longueur virtuelle totale de la section.

On obtient :

$$Lv = L + aL + bL,$$

ou

$$Lv = L(1 + a + b).$$

On détermine les coefficients a et b. En tenant compte de l'influence de la rampe, de la résistance du train de véhicules, du tender et de la machine, M. Baum démontre que :

$$a = \frac{139,31 + 0,0468I^2 - 0,00037I^3}{436,5 - 8,55I + 0,0693I^2 - 0,00031I^3},$$

I étant l'inclinaison d'une section en rampe et en alignement droit.

De même, en calculant l'influence due aux courbes, M. Baum démontre que :

$$b = \frac{32,787 + 116,594r}{48,549 - 7156r + 436,5r^2},$$

r représentant le rayon de la courbe en mètres.

Si l'on remplace maintenant a et b par leurs valeurs tirées de ces équations, on a l'expression de la longueur virtuelle totale de la section :

$$Lv = L\left(1 + \frac{139,31+0,0468I^2-0,00037I^3}{436,5-8,55I+0,0693I^2-0,00031I^3} + \frac{32,787+116,594r}{48,549-7156r+436,5r^2}\right),$$

L étant la longueur réelle de la section en rampe I et en courbe de rayon r, I étant exprimé en millimètres, et r représentant des mètres.

A l'aide de cette équation, on peut calculer la longueur virtuelle

relative à la résistance opposée par une section de ligne quelconque en rampe I et en courbe de rayon r.

Afin de faciliter la recherche de la longueur virtuelle, M. Baum a calculé en deux tableaux les valeurs de a pour des rampes de 0 à 30 millimètres, en faisant varier la rampe de dixièmes de millimètre en dixièmes de millimètre, et les valeurs de b pour des courbes de rayons variant de 100 à 7.000 mètres.

CHAPITRE IV

FORMALITÉS ADMINISTRATIVES

Aux termes des lois des 7 juillet 1833, 3 mai 1841, 27 juin 1870 et 11 juin 1880, les chemins de fer ne peuvent être exécutés qu'en vertu d'une loi ou d'un décret rendu après enquête administrative. Il ne peut être procédé à aucune étude sur le terrain qu'en vertu d'une instruction ou avec l'adhésion préalable du Ministère des Travaux publics.

Demande en concession. — Toute demande de concession adressée soit au chef de l'Etat, soit au Ministre des Travaux publics, subit les épreuves suivantes, sans qu'aucune exception ait jamais lieu.

La demande est soumise à trois degrés d'instruction, après la formalité préalable des enquêtes dans lesquelles les populations sont appelées à faire entendre leurs réclamations sur les questions de tracé :

1° Les ingénieurs de l'Etat et les inspecteurs généraux des Ponts et Chaussées ont à prononcer, après des études approfondies, sur les questions d'art, de dépense et de produits ;

2° Le Conseil général des Ponts et Chaussées examine et discute les projets ;

3° Le Comité consultatif des chemins de fer les apprécie à son tour principalement au point de vue des intérêts commerciaux et des conditions financières proposées par les Compagnies soumissionnaires ;

4° Enfin, les projets et les demandes sont soumis au Conseil d'Etat, qui, d'abord en section, puis en Assemblée générale, les examine sous tous les aspects et donne son avis au Gouvernement sur les conditions des cahiers des charges et sur la valeur des Compagnies.

Ce n'est qu'après l'accomplissement de toutes ces formalités, destinées à sauvegarder en même temps l'intérêt des localités traversées, celui du commerce en général et celui du Trésor, que le chef de l'Etat, sur le rapport du Ministre des Travaux publics, et après avoir entendu les observations des autres Ministres, se prononce, et, s'il adopte le projet, signe le décret de concession.

Pour les chemins de fer de 20 kilomètres au moins de longueur et au-dessus, une loi de concession est nécessaire.

Enquête administrative. — S'il s'agit d'un chemin de fer d'intérêt général ou d'intérêt local dont l'assiette reste en dehors des voies publiques, les formes de l'enquête sont réglées par les ordonnances des 18 février 1834 et 15 février 1835 ; elle s'ouvre sur un avant-projet dressé en conformité du programme du 14 janvier 1850.

L'enquête se poursuit, suivant le cas, aux chefs-lieux des départements traversés ou au chef-lieu d'arrondissement, où elle est annoncée par voie d'affiches et de publications. Un registre est ouvert, pendant une durée de quinze jours à quatre mois, pour recevoir les observations du public ; les Chambres de Commerce, les Chambres consultatives des Arts et Manufactures sont invitées à délibérer. Une Commission de 9 membres au moins, et 13 au plus, désignée par le préfet, qui en désigne aussi le président, examine dans chaque département les déclarations consignées aux registres d'enquête, entend les ingénieurs de l'Etat, recueille tous les renseignements qui lui semblent nécessaires, et, dans le délai d'un mois, dresse un procès-verbal de ses opérations et donne un avis motivé sur l'utilité de l'entreprise : l'ensemble des pièces du dossier est ensuite transmis au préfet, qui les adresse, avec son avis, à l'Administration supérieure, dans le délai de quinze jours.

Si les travaux ne sortent pas des limites d'un arrondissement, le délai d'ouverture des registres et du dépôt des pièces est fixé à un mois et demi au plus et à quinze jours au moins ; la Commission se réunit au chef-lieu d'arrondissement et le nombre de ses membres n'est plus que de 5 à 7.

S'il s'agit d'un tramway ou d'un Chemin de fer d'intérêt local devant emprunter le sol d'une voie publique, les formes de l'enquête sont déterminées par le règlement d'administration publique du 18 mai 1881.

La Commission d'enquête se compose de 7 membres au moins et de 9 au plus ; elle désigne son président. Les pièces du dossier et les registres destinés aux observations restent déposés pendant un mois à la mairie du chef-lieu du canton que la ligne doit traverser, ou à la mairie de la commune, si la ligne ne sort pas du territoire d'une commune ; en outre, le plan de chaque traverse est déposé, pendant le même temps, avec un registre spécial, à la mairie de la commune traversée. A l'expiration du délai fixé, la Commission se réunit, examine le dossier, recueille tous les renseignements dont elle peut avoir besoin, entend les ingénieurs de l'Etat et donne son avis motivé dans le délai de quinze jours : les Chambres de Commerce, les Chambres consultatives des Arts et Manufactures, les Conseils généraux et municipaux intéressés sont appelés à délibérer. Ces formalités remplies, le préfet adresse, dans le plus bref délai possible, le dossier complet, avec l'avis des ingénieurs et son avis particulier, au Ministre, qui statue, après avis du Conseil général des Ponts et Chaussées.

Telles sont les formalités préalables à la déclaration d'utilité publique

1 La déclaration d'utilité publique est le caractère conféré aux grands travaux de routes, canaux, chemins de fer, etc., par des lois et décrets spéciaux dans le but principal de motiver, lorsqu'il y a lieu, l'expropriation et la prise de possession, par l'État ou les Compagnies, des terrains particuliers ou domaniaux affectés à l'exécution des travaux approuvés.

La loi du 11 juin 1880 sur les chemins de fer d'intérêt local et les tramways ajoute que l'utilité publique est déclarée, et l'exécution autorisée, par décret délibéré en Conseil d'Etat, sur le rapport du Ministre des Travaux publics, après avis du Ministre de l'Intérieur.

Formulaire. — Au moment où l'Etat a entrepris l'exécution d'un assez grand nombre de lignes de chemins de fer, M. de Freycinet, alors ministre des Travaux publics, a fait publier un *Recueil de formules pour l'étude et la construction des chemins de fer* [1] destiné à indiquer l'ordre et la forme à suivre pour la production des pièces qu'exigent les opérations à entreprendre, ainsi que les formalités à accomplir. Ce recueil est le meilleur guide que l'on puisse consulter sur le sujet. Il comprend autant de dossiers qu'il y a de phases dans la construction des chemins de fer.

Le premier dossier, concernant l'*avant-projet* du chemin de fer, comprend les pièces exigées par l'instruction ministérielle du 14 janvier 1850 :

1° Carte au 1/80.000e ;
2° Plan d'ensemble au 1/40.000e avec courbes de niveau ;
3° Profil en long d'ensemble au 1/40.000e pour les longueurs et au 1/2.000e pour les hauteurs ;
4° Profils en travers types au 1/100e pour les longueurs et pour les hauteurs ;
5° Devis descriptif ;
6° Evaluation sommaire des dépenses ;
7° Procès-verbal de conférence avec les services intéressés [2] ;
8° Rapport des ingénieurs où sont discutées les questions soulevées par l'étude de l'avant-projet.

Ces rapports présentent, par exemple, les subdivisions suivantes : exposé ; tracé ; alignements et courbes ; profils en long ; profils en travers ; terrassements ; ouvrages d'art ; stations ; superstructure et

[1] Imprimerie administrative de G. Jousset, Paris, 1879.

[2] Tout projet intéressant plusieurs services doit faire l'objet d'une conférence préalable entre les ingénieurs ordinaires des services intéressés (Circ. minist. du 12 juin 1850), et, s'il y a lieu, avec les membres de la Commission mixte des Travaux publics ; celle-ci est instituée pour l'examen et la discussion des projets dont l'exécution, dans l'étendue de la zone frontière et dans le rayon des servitudes des enceintes fortifiées, peut intéresser à la fois la défense du territoire et un ou plusieurs des services civils ou maritimes. Sa mission est d'apprécier les intérêts des divers services, de les concilier, et, si elle ne parvient pas à établir l'accord entre eux, d'indiquer dans quelle limite il lui paraît possible de donner satisfaction à leurs besoins respectifs sans compromettre la défense du pays (Décret du 16 août 1853).

matériel roulant : bases d'estimation des dépenses ; trafic probable et appréciation des avantages de l'entreprise ; conférences avec les intéressés ; conclusions.

Le deuxième dossier, relatif à l'*enquête d'utilité publique*, comprend les documents établis pour se conformer aux dispositions de l'ordonnance du 18 février 1834 :

1° Lettre d'envoi au préfet des dossiers à soumettre à l'enquête et demande d'ouverture de l'enquête ;

2° Dossiers de l'enquête à ouvrir aux chefs-lieux du département et des arrondissements traversés par le chemin de fer ;

3° Procès-verbal de la Commission d'enquête ;

4° Délibération de la Chambre de Commerce ou de la Chambre consultative des Arts et Manufactures ;

5° Rapport des ingénieurs sur les résultats de l'enquête.

Le troisième dossier est formé du *projet de tracé et de terrassements* qui est dressé aussitôt après l'achèvement des études définitives et il comporte :

1° Carte au 1/80.000^{e} ;

2° Plan au 1/10.000^{e} ;

3° Profil en long d'ensemble au 1/40.000^{e} pour les longueurs et au 1/2.000^{e} pour les hauteurs ;

4° Profil en long au 1/10.000^{e} pour les longueurs et au 1/1.000^{e} pour les hauteurs ;

5° Profils en travers types au 1/100^{e} pour les longueurs et pour les hauteurs ;

6° Profils en travers spéciaux au 1/200^{e} pour les longueurs et pour les hauteurs ;

7° Devis descriptif ;

8° Avant-métré ;

9° Bases d'estimation des ouvrages ;

10° Estimation sommaire des dépenses ;

11° Procès-verbal de conférence avec le service ;

12° Rapport des ingénieurs.

Les rapports des ingénieurs présentent, par exemple, les subdivisions suivantes : exposé ; tracé ; alignements et courbes ; profils en long ; profils en travers ; terrassements : ouvrages d'art pour l'écoulement des eaux ; ouvrages d'art pour le maintien des communications : grands ponts ; viaducs ; souterrains ; stations ; bases d'estimation ; dépenses ; conférences ; conclusions.

Le quatrième dossier a pour objet la *désignation des territoires traversés* sur lesquels les travaux seront exécutés (art. 2 de la loi du 3 mai 1841) ; il comprend :

1° Lettre au préfet, lui demandant de prendre l'arrêté désignant les territoires traversés ;
2° Arrêté désignant les territoires traversés ;
3° Affiche de publication de l'arrêté ;
4° Journal où se trouve inséré l'arrêté.

Le cinquième dossier — *nombre et emplacement des stations* — renferme les pièces prescrites par les circulaires des 25 janvier 1854 et 9 août 1859, qui ont déterminé les formalités à remplir dans l'enquête sur l'emplacement des stations, enquête à laquelle il y a lieu de procéder immédiatement après l'approbation du projet de tracé et de terrassements :
1° Lettre d'envoi au préfet des dossiers à soumettre à l'enquête et demande d'ouverture de l'enquête ;
2° Dossier d'enquête pour chaque commune du lieu des stations ;
3° Dossier d'enquête pour chaque commune consultée sur l'établissement des stations ;
4° Procès-verbal des opérations de la Commission d'enquête ;
5° Rapport des ingénieurs sur les résultats de l'enquête.

Le sixième dossier concerne les *enquêtes parcellaires* et se compose des pièces dont on doit faire usage pour l'application du titre II de la loi du 3 mai 1841 :
1° Lettre d'envoi au préfet des dossiers des enquêtes et demande d'ouverture des enquêtes ;
2° Dossier d'enquête pour chaque commune traversée par le chemin de fer ;
3° Rapport général sur les résultats des enquêtes ;
4° Lettre d'envoi au préfet des dossiers des enquêtes à soumettre à l'approbation de l'Administration supérieure.

Le septième dossier — *projet d'exécution* — est composé des pièces exigées pour l'instruction et pour la présentation des projets définitifs :
1° Extrait de carte au 1/80.000e ;
2° Plan au 1/10.000e ;
3° Profil en long au 1/5.000e pour les longueurs et au 1/500e pour les hauteurs ;
4° Profils en travers types au 1/100e pour les longueurs et les hauteurs ;
5° Profils en travers principaux avec indication des sondages au 1/200e pour les longueurs et les hauteurs ;
6° Ouvrages d'art ;
7° Avant-métré ;
8° Bordereau des prix ;
9° Devis estimatif ;
10° Devis et cahier des charges

11° Procès-verbal de conférence avec le service ;
12° Rapport des ingénieurs.

Le huitième dossier — *arrêté de cessibilité ; expropriation* — a pour objet la procédure établie par la loi du 3 mai 1841 (arrêté de cessibilité, art. 11 ; requête du procureur de la République, art. 14 ; jugement d'expropriation, art. 15) [1].

Le neuvième dossier — *prise de possession d'urgence des terrains non bâtis* — est établi s'il y a lieu d'appliquer (ce qui est tout à fait exceptionnel) les dispositions insérées dans le chapitre 1er du titre VII de la loi du 3 mai 1841.

Le dixième dossier — *estimations, cessions amiables* — est formé des documents établis dans le cas où on realise des cessions amiables avant de provoquer le jugement d'expropriation : il comprend :
1° Calcul des contenances des terrains :
2° État parcellaire des propriétés qui doivent être cédées pour l'établissement du chemin de fer :
3° Extrait des registres du bureau de l'enregistrement ;
4° Procès-verbal de classement des terrains :
5° Rapport d'expertise sur l'estimation des terrains ;
6° État parcellaire estimatif des terrains à acquérir :
7° et 8° Bulletin collectif et bulletin individuel de consentement à la prise de possession des terrains, préalablement au règlement et au paiement des indemnités :
9° Requête à l'effet d'obtenir l'autorisation de consentir amiablement à l'aliénation des terrains :
10° Bulletin de cession amiable de terrains :
11° Vente sous seing privé ;
12° Etat des actes de cession sous seing privé :
13° Avis faisant connaître les actes de vente sous seing privé passés avec divers propriétaires ;
14° Journal où se trouve inséré l'avis concernant les actes de vente sous seing privé ;
15° Acte de vente amiable avec adhésion au jugement d'expropriation.

Le onzième dossier — *offres légales, constitution et opérations du jury* — correspond aux articles ci-après de la loi de 1841 et contient les formules nécessaires à leur application : art. 21 à 24, notification

[1] On consultera avec fruit, sur cette question, l'ouvrage suivant : *Instructions et formules relatives à la procédure d'expropriation et à la liquidation des indemnités,* par M. Lefort, inspecteur général des Ponts et Chaussées (Jousset, éditeur).

des offres légales; refus ou acceptation ; art. 30, 34, 36, nomination et constitution du jury ; art. 48 à 50, opérations du jury.

Le douzième dossier a pour objet l'exécution des articles 53, 54, 55 pour le *paiement des indemnités ;* pour le constituer, il y a lieu de se reporter au *Règlement sur la comptabilité du Ministère des Travaux publics* du 16 septembre 1843.

Le treizième dossier concerne les formalités relatives aux *occupations temporaires de terrains* (dépôts ou extractions de matériaux, etc.), conformément aux prescriptions du décret du 8 février 1868.

Enfin, le quatorzième dossier contient les pièces relatives au *récolement*, à la *réception* et à la *remise des ouvrages* aux services intéressés conformément aux principes posés par la circulaire du 21 février 1877 et qui doivent être appliqués aux chemins de fer construits par l'État.

Le recueil qui vient d'être analysé a été envoyé aux préfets par circulaires ministérielles du 26 juin 1879[1].

1 Voir ces circulaires dans le numéro d'août 1879 de la *Revue générale des Chemins de fer.*

CHAPITRE V

ÉTUDES DÉFINITIVES

Conditions générales du tracé. — Le problème à résoudre dans le tracé d'une ligne, consiste à desservir entre les deux points extrêmes, par la voie la plus directe et la plus économique, autant de centres de population qu'il est possible.

Dans quelques circonstances, par suite des accidents du sol, des exigences militaires, etc., on admet des rebroussements, comme il en existe à Tours, à Orléans, à Lille, à Boulogne, à Huy en Belgique, etc.; mais cette disposition doit être évitée autant que possible, en raison des gênes qu'elle cause au service de l'exploitation.

Les rebroussements ont été employés aussi pour gravir, sans employer de trop fortes déclivités, les pentes de certaines vallées. Il en existe un exemple sur le chemin de Neuchâtel à la Chaux-de-Fonds. Mais ces exceptions sont heureusement très rares.

L'espacement des stations dépend de la densité de la population de la contrée traversée; il est de 2 kilomètres au plus pour la banlieue des grandes villes, de 4 à 5 kilomètres dans les pays peuplés, de 8 à 10 dans les pays moins riches et dans les montagnes.

Les stations doivent être, autant que possible, établies en palier et en ligne droite.

Entre les stations, le tracé de la ligne doit, en général, suivre les cours d'eau, parce que les vallées sont plus peuplées; les lignes qui traversent des plateaux ont toujours un trafic propre moins important.

Lorsqu'il s'agit de passer d'une vallée dans une autre, en traversant une chaîne de montagnes, on doit éviter les nœuds où viennent aboutir plusieurs chaînes et rechercher le point le plus bas et le col le moins long; si les vallées sont sillonnées par des cours d'eau coulant en sens inverse presque parallèlement, on obtient, sur la carte, le point en question par l'intersection des lignes droites qui joignent en croix les points où les thalwegs dévient pour faire un coude.

Tracé sur la carte. — On fait une première étude du tracé sur une carte au 1/80.000 ou mieux sur une carte au 1/40.000, avec courbes de niveau espacées de 10 mètres en 10 mètres. En France, on trouve ces cartes au dépôt des cartes et plans du Ministère de la Guerre. Cette étude fait généralement reconnaître qu'il est possible d'admettre plusieurs tracés différents pour joindre un point à un autre.

Étude sur le terrain. — Chacun de ces tracés doit faire l'objet d'une étude spéciale sur le terrain, afin que l'on puisse désigner celui qui doit être préféré.

Levé du terrain. — Lorsque le tracé est déterminé avec ses variantes, on lève le plan coté du terrain dans la zone occupée par le tracé, et on le reporte sur le papier, à l'échelle de 1/2.000, avec des courbes de niveau espacées de 2 mètres en 2 mètres. Ce plan doit indiquer les constructions, les clôtures, les chemins, les cours d'eau traversés par la ligne. Les plans cadastraux sont utilement consultés pour l'exécution de ce travail.

Étude dans le bureau. — A l'aide du plan au 1/2.000, on fait dans le bureau une étude détaillée du tracé, en déterminant par tâtonnement les variantes qui donnent la meilleure répartition des pentes et des rampes, la meilleure position des ouvrages d'art, le moindre cube de terrassements, etc.

Projet définitif. — Lorsque le tracé est ainsi déterminé, on reporte sur le terrain l'axe de la ligne et on lève les profils en long et les profils en travers nécessaires pour rédiger le projet définitif, établir le cube des terrassements, dresser les plans cotés en vue de l'étude des ouvrages d'art.

Observations générales. — C'est au moment de la rédaction du projet définitif qu'il convient de fixer le profil type de la voie et les dimensions de la plate-forme; puis de déterminer, d'après ce profil, les meilleures inclinaisons à donner aux talus, le mouvement des terres résultant des déblais et des remblais.

Cette étude définitive doit être menée parallèlement dans le bureau et sur le terrain, car de la nature de celui-ci dépend souvent telle ou telle solution.

On doit, à cet effet, ne pas négliger d'effectuer des sondages pour reconnaître la nature du terrain sur lequel on se propose d'établir la voie.

Les terrains argileux et les terrains vaseux doivent être évités, même au prix d'un changement de tracé qui peut paraître coûteux tout d'abord, mais qui sera économique en réalité, si on envisage les conséquences d'un mauvais établissement. On cite l'exemple de la ligne de Paris à Calais, qui traverse, près d'Amiens, une plaine tourbeuse où la ligne a été établie à fleur du sol, presque sans frais; mais le ballast s'est enfoui peu à peu sous le poids des trains, et il a fallu y employer 150.000 mètres cubes de remblais. On cite aussi la section d'Ambarès à Bordeaux, où il a fallu dépenser près de 1.350.000 francs par kilomètre pour consolider la voie dans une plaine vaseuse que traverse le chemin de fer.

CHAPITRE VI

TRAVAUX D'ART

Dans l'établissement d'un chemin de fer, les pentes et les courbes varient dans des limites assez restreintes. On est donc, le plus souvent, conduit à entamer la surface du sol, à ouvrir des tranchées, à percer des tunnels, à jeter des ponts et à élever des remblais.

Tranchées. — L'inclinaison des talus d'une tranchée varie avec la nature des terrains traversés : mais, en général, elle ne dépasse pas 3 de base pour 2 de hauteur ; dans les tranchées assainies et bien drainées, elle est ordinairement de 1 de base pour 1 de hauteur, soit 45° ; les talus sont même verticaux lorsque la roche traversée est suffisamment solide. Quant à la profondeur, elle peut atteindre 20 mètres et même davantage : mais, au delà de cette cote, on préfère généralement percer un souterrain.

Souterrains. — Les souterrains (ou tunnels) de peu de longueur sont attaqués par les deux bouts ; mais, lorsque l'on est pressé par le temps ou lorsque la longueur dépasse environ 500 mètres, l'attaque se fait simultanément en plusieurs points, à l'aide de puits intermédiaires. Les souterrains ne sont, bien entendu, jamais en palier ; on ménage une double pente descendant du milieu aux deux têtes, pour faciliter l'écoulement des eaux, soit pendant la construction, soit après.

Longueurs de quelques grands tunnels.

Simplon	Suisse	19.730 mètres
Saint-Gothard	Suisse	14.990 —
Mont Cenis	France	12.220 —
Arlberg	Autriche	10.270 —
Ronco	Italie	8.297 —
Ceylan	Indes angl.	8.000 —
Hoosac	Etats-Unis	7.640 —
Severn	Angleterre	7.250 —
Marianopoli	Italie	6.480 —
Sutro	Etats-Unis	6.000 —
Stanbridge	Angleterre	4.970 —

Woodhead	Angleterre	4.844 mètres
Nerthe	France	4.620 —
San Lorenzo	Canada	4.570 —
Belbo	Italie	4.240 —
Cochem	Allemagne	4.220 —
Blaisy	France	4.100 —
Argentera	Espagne	4.043 —
Mersey	Angleterre	4.000 —

Le souterrain du mont Cenis n'a pu être percé que par les deux extrémités, sans le secours de puits intermédiaires : il présente une rampe de 0m,022 au départ de Modane jusqu'au milieu, et, à partir de ce point, une pente de 0m,005 vers l'Italie ; le percement a exigé treize ans de travail et l'emploi de l'air comprimé pour forer les trous de mine et aérer les chantiers d'avancement ; il est revenu à 6,154 francs le mètre courant.

Le tunnel du Saint-Gothard, dont le percement a exigé l'emploi des mêmes moyens perfectionnés, a une longueur totale de 14.996 mètres et a coûté 3.898 francs le mètre courant.

Le tunnel de l'Arlberg, en Autriche, sur la ligne d'Innsbruck à la frontière suisse, a une longueur de 10.190 mètres. Il est établi en ligne droite avec une rampe, du côté de l'est, de 1mm,92, suivie d'une pente, se dirigeant à l'ouest, de 14 millimètres par mètre. Commencé en juin 1880, il était terminé en novembre 1883, avec un avancement moyen de 3.050 mètres par an. La galerie est a été percée avec la perforatrice Ferroux et la galerie ouest avec la perforatrice Brandt, mue par la pression hydraulique. Vers la fin des travaux, en 1883, l'avancement par jour de la galerie était le même pour chaque type de perforatrice, soit 5m,40. La galerie d'avancement était percée à la base du tunnel et des puits verticaux s'élevant de cette galerie jusqu'au sommet de la voûte permettaient de foncer une galerie supérieure de chaque côté des puits et facilitaient ainsi l'abatage en grand de la calotte et le revêtement en maçonnerie, au fur et à mesure de l'avancement de la galerie inférieure. La construction du tunnel a coûté 2.964 francs le mètre courant, soit 934 francs de moins que le tunnel du Gothard.

Il est difficile de donner une évaluation moyenne de la dépense de percement d'un souterrain dans les conditions ordinaires. Suivant la difficulté et la nature des terrains, elle varie entre 700 et 2.600 francs par mètre courant.

Quant aux tunnels des lignes d'accès du Gothard, plusieurs d'entre eux atteignent également un chiffre assez élevé, à cause de la disposition en hélice qui leur a été donnée, en rampe de 0m,025 et en courbe de 400 mètres, pour élever la ligne d'une hauteur verticale de 50 mètres. C'est la première application que l'on ait faite des tunnels *hélicoïdaux*, si souvent employés depuis.

Remblais. — La traversée des vallées se fait, en général, sur des remblais dont la hauteur peut atteindre 20 à 22 mètres: au delà de cette hauteur, il est préférable et plus économique de franchir les vallées avec des viaducs en pierre ou en métal.

Les talus des remblais ont, le plus souvent, 1 1/2 de base pour 1 de hauteur. On emploie, la plupart du temps, les déblais provenant des tranchées les plus voisines, et on les transporte en wagonnets jusqu'au point d'avancement, sur une ou plusieurs voies de décharge.

Le prix de revient de ce transport au wagon (en francs par mètre cube) se calcule par la formule approximative:

$$0^{f},50 + 0,0003D,$$

D étant la distance moyenne du point d'extraction au point d'avancement.

Lorsque les remblais sont établis sur des terrains tourbeux, leur tassement est inévitable et peut prendre de très grandes proportions. On est quelquefois obligé de les asseoir sur le niveau du sol résistant, au-dessous des couches compressibles.

Viaducs. — Ils sont construits tantôt en maçonnerie, tantôt en tôle pour le tablier et en maçonnerie pour les piles.

Leur prix de revient varie suivant la nature des matériaux, et dépend surtout de l'importance et de la nature des fondations. On peut l'évaluer à 160 francs en moyenne (non compris les fondations) par mètre superficiel d'élévation, lorsqu'il s'agit de viaducs en maçonnerie à deux voies; la dépense peut être moins élevée pour les viaducs métalliques. On peut estimer le prix d'un viaduc en maçonnerie à une voie à 105 francs le mètre superficiel d'élévation.

On peut citer, parmi les viaducs les plus connus en France, ceux de Garabit, de Chaumont, de Comelle (entre Paris et Creil), de l'Aulne (Bretagne), de Morlaix, du Val d'Enfer (Vosges), de Bussaut-d'Ahun (Creuse), du Point-du-Jour (Paris), et, en Suisse, le viaduc métallique de Fribourg, qui a 70 mètres de hauteur.

Ponts tournants. — Les ponts tournants sont réservés pour le passage des canaux ou rivières canalisées, quand il est impossible d'établir la voie à une hauteur suffisante pour qu'elle ne gêne pas la navigation. Le tablier du pont pivote, dans la plupart des cas, autour d'une pile centrale.

On peut citer les ponts tournants de :

Abbeville sur la Somme, la Scarpe et la Deule près Douai, Gravelines, sur l'Aa.

Sans parler des ponts tournants très importants construits aux États-Unis, nous pouvons citer le pont tournant d'Hawarden, en Angleterre, construit sur la Dee pour le passage du chemin de fer

du M. S. et L. Ce pont à deux voies, qui laisse une ouverture libre de 42m,70, tourne sur une pile centrale et pèse sur le pivot 715 tonnes ; il est mû par la pression hydraulique [1].

Passages à niveau. — Les passages à niveau sont employés dans tous les cas où il eût été moins économique de jeter un pont pour le passage de la route ou de la voie.

Les rails sont posés, sans saillie ni dépression, à la surface de la route, qui est pavée jusqu'aux contre-rails destinés à former la rainure où roule le boudin des roues. En aucun cas, le croisement à niveau des routes et des chemins de fer ne doit s'effectuer sous un angle de moins de 45°.

Un passage à niveau coûte 6 à 8.500 francs d'établissement, suivant l'importance de la route ; l'entretien et l'indemnité du garde-barrière représentent, en général, un capital de 20.000 francs ; on doit donc construire de préférence un ouvrage d'art pour la traversée d'un chemin ou d'une route toutes les fois que la dépense de construction ne dépassera pas 25 à 30.000 francs.

Mais il y a lieu aussi de tenir compte de l'importance de la circulation des trains, surtout dans le voisinage des grandes villes, où un passage à niveau est toujours une sujétion et doit être évité.

Lorsqu'il s'agit de passages à niveau peu fréquentés, on peut, à la rigueur, ne pas installer de garde-barrière et faire manœuvrer à distance, par le garde du passage à niveau le plus voisin, une barrière mobile qui s'abaisse au moment voulu après avoir prévenu au moyen d'une cloche d'avertissement. Cette disposition, très répandue en Allemagne, en Autriche, en Italie, en Hollande, etc., a trouvé quelques applications en France, notamment sur les lignes à trafic faible. En Autriche, on a fait l'essai d'un type de barrières manœuvrées à distance au moyen de l'électricité.

Clôtures. — A l'exception des lignes d'intérêt local établies sous le régime de la loi de 1880, les voies doivent être fermées à l'accès du public par des clôtures formées de haies ou de simples barrières. Le prix d'une clôture sèche économique, formée d'échalas verticaux reliés par une latte et du fil de fer, est de 0 fr. 20 par mètre courant de voie.

La haie ou clôture vive, plantée à 0m,50 en arrière de la limite exacte des terrains dépendant du chemin de fer, coûte, par mètre courant de voie, 0 fr. 70, y compris l'entretien.

On compte, par suite, pour la clôture totale, 2 francs par mètre courant de voie ; la clôture sèche, posée dès le principe, permet d'attendre le développement complet de la haie.

[1] *Proceedings Inst. C. E. de Londres,* vol. CVIII. part. 11.

Extérieurement aux clôtures, on ménage assez souvent un chemin latéral de 4 mètres de largeur, pour desservir les champs : cette bande de terrain est comprise dans les achats de terrains que doit faire la Compagnie.

Gabarit. — Les ouvrages d'art doivent être construits de telle sorte que les voitures et wagons puissent y circuler en tout temps, c'est-à-dire lorsqu'ils sont chargés ou lorsqu'ils sont vides, lorsque leurs organes de roulement sont neufs ou lorsqu'ils sont en cours d'usure, ce qui fait varier nécessairement leurs dimensions.

Le profil-limite de construction des travaux doit être tel que le profil-limite de construction des voitures et wagons et le profil-limite de chargement ne l'entament pas, en alignement droit comme en courbe.

Ces profils-limites, ou *gabarits*, ne sont pas uniformes pour toutes les Compagnies ; leur unification est à l'étude, en vue du trafic international.

Les dimensions des ouvrages d'art sont cependant soumises à certaines règles fixées par les cahiers des charges et qui sont les suivantes :

Dans les souterrains et passages supérieurs, la distance verticale ménagée au-dessus du rail extérieur de chaque voie ne doit pas être inférieure à $4^m,80$; sur certaines parties de lignes, les anciens cahiers des charges ont admis une hauteur moindre, mais qui ne descend pas au-dessous de $4^m,200$. La hauteur sous clef des voûtes est de 6 mètres, et l'ouverture du pont entre culées est de 8 mètres pour les lignes à double voie, de $4^m.50$ pour les lignes à simple voie.

La largeur entre les parapets du pont est fixée par l'Administration, en tenant compte des circonstances locales ; mais, dans aucun cas, cette ouverture ne peut être inférieure à 8 mètres pour une route nationale, à 7 mètres pour une route départementale, à 5 mètres pour un chemin vicinal de grande communication et à 4 mètres pour un chemin vicinal ordinaire.

Dans les passages inférieurs, l'ouverture du viaduc est fixée, dans chaque cas, aux mêmes dimensions que la largeur entre parapets d'un passage supérieur ; en outre, pour les viaducs de forme cintrée, la hauteur sous clef, à partir du sol de la route, est de 5 mètres au moins ; et, pour ceux formés de poutres horizontales, la hauteur sous poutres est de $4^m.30$ au minimum : le viaduc doit être muni de parapets dont la distance est la même que l'ouverture ménagée entre les culées d'un passage supérieur. La hauteur des parapets ne peut être inférieure à $0^m,80$.

CHAPITRE VII

VOIE

§ 1. — Matériel de la voie.

Différentes sortes de voies. — Les voies destinées à la circulation des voitures de chemin de fer sont formées le plus souvent de deux files de rails parallèles, en acier, reliés les uns aux autres soit par des traverses en bois soit par des traverses métalliques.

Il existe, comme cela a été dit page 20, des chemins de fer monorails. Il existe aussi des chemins de fer à trois rails ; dans ce cas, le troisième rail permet de faire circuler successivement sur une seule et même ligne des trains composés chacun de véhicules à écartements de roues différents. Quelquefois le troisième rail est utilisé non comme support de roulement, mais comme conducteur électrique ou comme guide et support de galets de freinage.

Ce qui va suivre se rapporte principalement aux voies ordinaires à deux rails.

Voies avec traverses en bois. — Ce sont à peu près les seules employées, d'une manière générale, en France. La voie est formée de trois parties : les rails, les éclisses et les traverses.

Rails. — Les rails appartiennent à deux types principaux : le *rail à double champignon* et le *rail à patin* ou *rail Vignole*.

Rail à double champignon. — Il repose sur les traverses par l'intermédiaire de coussinets en fonte.

L'emploi de l'acier pour la fabrication des rails, tout en augmentant dans une forte proportion la durée de ceux-ci, a totalement changé leur mode d'usure. Les rails en fer, par suite de leur système de fabrication, périssaient par l'écrasement et l'exfoliation du champignon à l'intérieur de la voie, par la dessoudure de cette partie et par l'altération profonde de la forme du champignon. De là la nécessité d'épauler le champignon et de donner au rail la forme *en poire* ; on donnait au rail la forme symétrique — double champignon — afin de pouvoir le retourner sens dessus dessous pour user successivement ses deux champignons.

Les rails en acier, au contraire, s'usent par tranches successives parallèles au plan de roulement et sans déformations latérales sensibles.

L'épaulement sous le champignon n'avait donc plus sa raison d'être : ses formes arrondies étaient moins utiles et le bombement excessif de la partie supérieure devenait un inconvénient sérieux.

De plus, avec un rail de très longue durée, la prolongation du temps de service par le retournement avait beaucoup moins d'importance, d'autant plus que, par suite de ce retournement, la surface du champignon, déjà attaquée par le coussinet, avait une surface rugueuse qui rendait le roulement désagréable.

De là, tout d'abord, l'abandon du retournement et la nécessité d'accumuler sur le champignon supérieur tout le métal à user, le champignon inférieur n'ayant plus d'autre raison d'être que d'assurer un bon encastrement dans le coussinet et de donner le profil de meilleure résistance quand le champignon supérieur approche de sa limite d'usure.

L'épaulement est déterminé uniquement par la considération de l'éclissage et on peut réaliser, pour les patins d'éclisses, l'angle de 1/2, qui est considéré comme suffisant par les Compagnies françaises, et généralement adopté en Angleterre.

Le champignon supérieur est presque rectangulaire, avec de très faibles congés aux angles ; l'âme a, en général, une épaisseur de 0m,016. Il y a tendance à donner au champignon inférieur une largeur plus grande qu'au champignon supérieur, afin d'augmenter la surface d'appui sur le coussinet.

Le rail devient alors dissymétrique et on a un profil auquel les Anglais, qui l'emploient depuis longtemps, ont donné le nom de *bullheaded*.

Le tableau suivant indique le poids et les dimensions principales de quelques rails à double champignon de fabrication récente :

RAILS A DOUBLE CHAMPIGNON	P.-O. (1)	ÉTAT FRANÇAIS	OUEST	MIDI	LONDON AND N. W.	MIDLAND	G. W.
Hauteur en millimètres.....	145	145	142	134	140	143	141,3
Largeur du champignon en millimètres	60	sup^{r} 60 / inf^{r} 70	62	61	69,9	66,7	69,8
Épaisseur de l'âme en millimètres	18	16	16	16	21	20	17.4
Poids en kilogrammes	42,5	40	44	37,52	42.65	42,16	42.66

1 Au chemin de fer de Paris à Orléans il ne restait plus, au 1er janvier 1907

L'Ouest fabrique, depuis 1898, des rails dissymétriques de 38kg,75 et, pour les sections très chargées, de 46kg,25.

Rail à patin. — Le second type, le *rail à patin*, imaginé par *Stevens* en Amérique, vers 1830, ou *rail Vignole*, du nom de l'ingénieur anglais qui l'a introduit en Angleterre en 1836, repose directement sur la traverse avec ou sans plaque de feutre, ou par l'intermédiaire de *selles* en acier. Il est fixé à celle-ci au moyen de crampons, ou mieux au moyen de tire-fond dont la tête élargie s'applique sur la partie extrême du patin et la serre sur la traverse ; on emploie généralement deux tire-fond dans les alignements droits ; mais, dans les courbes, le nombre en est porté à trois et même à quatre, placés partie à l'intérieur de la voie et partie à l'extérieur, dans le but de résister au renversement du rail. Sur le P.-L.-M., on emploie actuellement des selles à quatre trous destinées à recevoir, suivant les circonstances, deux, trois ou quatre tire-fond ; les selles sont munies de talons ou saillies qui s'opposent au surécartement de la voie et empêchent le cisaillement des tire-fond.

Les observations que nous avons faites à propos du rail en acier à double champignon s'appliquent également au rail Vignole en ce qui concerne le champignon supérieur et l'épaulement de ce dernier.

Dimensions et poids des rails. — Pour donner au rail Vignole une résistance convenable, il est nécessaire de conserver un certain rapport entre la hauteur du rail et la largeur de sa base ou de son patin. Plus le rapport du poids de la tête et du patin se rapprochera de l'unité, plus le rail sera facile à laminer, plus la densité du métal sera uniforme et mieux le rail se comportera en service[1]. Le tableau suivant indique ce rapport pour quelques types de rails :

RAILS A PATIN	H	L	$\frac{H}{L}$
Rail P.-L.-M. Type, 47kg,00	142	130	1,09
Nord. Type, 43kg,215	142	134	1,06
Est. Type, 44kg,200	141	130	1,08
Etat belge. Type Goliath. Poids, 52kg,70	145	135	1,08
New-York et Hudson River R. R.	152,2	133,3	1,14
Pensylvania R. R.	140,0	127	1,10

que 175 kilomètres de rails en fer, soit 1,76 0/0 par rapport au développement des voies principales ; l'emploi du rail renforcé à 42 kilogrammes, s'étendait sur 1.956 kilomètres. D'ailleurs toutes les autres compagnies ont progressé dans le même sens.

[1] Potter, *Bulletin du Congrès des Chemins de fer*, septembre 1898.

Nous donnons également, dans le tableau suivant, le poids et les dimensions principales de quelques rails Vignole de date récente :

RAILS A PATIN	P.-L.-M.	NORD	EST	ÉTAT BELGE GOLIATH	NEW-YORK ET HUDSON RIVER R. R.	PENNSYLVANIA R. R.
Hauteur en millimètres.....	142	142	141	145	152,2	140
Largeur du champignon en millimètres.....	66	60	60	72	76,2	70
Epaisseur de l'âme en millimètres.....	14	15	13,5	17	15	14,2
Largeur du patin en millimètres.	130	134	130	135	133,3	127
Poids en kilogrammes.....	47	43,215	44,2	52,7	49,5	49,5

Longueur des rails. — Les joints sont la partie faible des rails, par suite de la difficulté, quel que soit le système d'éclisses employé, d'obtenir la même résistance au joint que dans le reste du rail [1]. Il y a donc intérêt à en réduire le nombre. D'un autre côté, l'allongement du rail oblige à augmenter la largeur du joint, en vue de la dilatation, et, le poids des barres augmentant, l'entretien devient plus difficile pour les agents de la voie.

Néanmoins la tendance actuelle est d'augmenter la longueur des barres.

Voici les modèles divers et les longueurs de rails employés en France par les six grandes Compagnies et le réseau de l'État en 1906 [2].

Compagnie du Nord. — Le rail primitif en fer avait une longueur de 6 mètres, type Vignole. Le rail d'acier qui l'a remplacé pèse maintenant 45 kilogrammes par mètre courant. Le type normal aujourd'hui adopté a une longueur de 12 mètres. La Compagnie se propose d'augmenter cette longueur ; elle a fait quelques essais de rails de 18 mètres et même de 24 mètres, ces derniers étant réservés aux ouvrages métalliques et à certains appareils ; mais une solution définitive n'est pas encore intervenue : l'impression des ingénieurs est favorable à la longueur de 18 mètres, mais hostile à celle de 24 mètres.

Compagnie de l'Est. — Le rail court a une longueur de 6 mètres, type Vignole. La Compagnie emploie des rails de 12 et de 18 mètres, et plus de 500 kilomètres de voie sont posés avec ces types ; elle

[1] Voir, dans la *Revue générale des Chemins de fer*, les articles de M. Coüard *sur les Conditions de stabilité des voies en acier*, 1887-1889.

[2] Voir *Revue générale des Chemins de fer*, numéro de septembre 1906.

emploie quelques rails de 24 mètres, mais seulement sur les ouvrages métalliques ou dans des souterrains à température constante. Des précautions spéciales sont prises pour relever la température du métal lui-même au moment de la pose et régler avec un soin minutieux la largeur du joint. Les ingénieurs de la Compagnie ne pensent pas qu'il y ait lieu d'envisager une longueur supérieure à 18 mètres en voie courante.

Compagnie de Lyon. — La longueur normale des rails était autrefois de 6 mètres ; on est passé successivement à 8 mètres en 1877, 10 mètres en 1883, 12 mètres en 1885, 18 mètres en 1897 ; les longueurs employées actuellement sont de 12 mètres et 18 mètres. Il existe environ 500 kilomètres de voie posée en barres de 18 mètres.

On a essayé également dès 1897 des barres de 24 mètres (et 23m,85), mais pour ces longueurs, le dressage à l'usine présente des difficultés sérieuses, la manutention des barres pesant 1.150 kilogrammes est difficile au moment de la pose, enfin les joints en hiver ont une importance exagérée. Aussi n'emploie-t-on plus les barres de 24 mètres que dans des cas exceptionnels, par exemple pour supprimer des joints sur des tabliers métalliques ou dans des passages à niveau.

Compagnie du Midi. — Le rail court a une longueur de 5m,50, type double champignon. Le poids est de 38 kilogrammes par mètre courant. A partir de 1880, la longueur a été portée à 11 mètres. En 1903, la Compagnie a fait un essai de rails de 22 mètres sur 17 kilomètres de longueur. Cet essai est considéré comme satifaisant, et la longueur de 22 mètres est aujourd'hui admise comme normale ; mais, par suite de contrats antérieurs avec les fournisseurs, ce n'est qu'à partir de 1907 que les livraisons commenceront.

Compagnie d'Orléans. — Le rail court a une longueur de 5m,50 type double champignon. Le poids par mètre courant est de 42kg,500 sur les artères principales et de 38 kilos sur les autres lignes. Depuis une vingtaine d'années la longueur de la barre a été portée à 11 mètres en service courant. Depuis plusieurs années, un nouveau pas a été franchi, et la Compagnie ne commande plus que des rails de 16m,50. Au 1er janvier 1906, 900 kilomètres de voies étaient armés en rails de 16m,50. Elle ne se propose pas d'essayer la longueur de 22 mètres.

Compagnie de l'Ouest. — Le rail court a une longueur de 6 mètres, type double champignon. Il pèse 46kg,25 par mètre courant pour les artères principales et 38kg,75 pour les autres. Après avoir porté la longueur à 12 mètres, la Compagnie a adopté définitivement celle de 18 mètres.

Quelques essais ont été tentés avec le rail de 22 mètres. L'impression n'a pas été favorable et les ingénieurs ne songent pas à l'adopter.

Réseau d'Etat. — Le rail court a une longueur de 5m,50 type double champignon. Le poids par mètre courant est de 40 kilos ; depuis longtemps la longueur de 11 mètres a été adoptée comme normale, et la

majeure partie du réseau est armée de ce modèle. On se préoccupe de l'allonger. A la fin de 1906, 200 kilomètres de voie seront armés en rails de 16m,50. En outre 900 rails de 22 mètres ont été commandés pour être placés sur les ponts métalliques, mais il n'est pas question de les essayer en voie courante.

Fabrication des rails. — Les rails en acier se fabriquent soit par le procédé basique Bessemer, soit par le procédé basique Martin. On peut obtenir avec ces deux procédés des rails de même qualité ; mais le four Martin, exigeant une opération de plus longue durée (dix heures environ), permet de suivre la fabrication et de modifier, suivant les besoins, la composition des lingots, afin d'obtenir un rail homogène.

La tendance actuelle est d'employer, pour la fabrication, des rails en *acier dur*.

On semble admettre que, pour le métal à rail, les teneurs en carbone et manganèse les plus convenables sont :

Carbone	0,4 à 0,5 0/0
Manganèse	0,8 à 1,0 —

Sur le continent, on fixe généralement un minimum de carbone (0,3 ou 0,4 0/0) et un maximum de phosphore (0,1 0/0). L'Etat hongrois fixe un maximum de manganèse égal à 0,6 0/0, pour l'acier Thomas. En Angleterre, les pourcentages-limites sont sensiblement :

Carbone	0,35 à 0,50
Silicium	0,06 à 0,15
Soufre	0,06 à 0,08
Phosphore	0,06 à 0,08
Manganèse	0,80 à 1,00

On admet également les conditions de résistance suivantes :

Limite élastique	35 à 40 kilogrammes par millimètre carré
Charge de rupture	70 à 75 — —
Allongement 0/0	12 à 15 0/0

Quelques Compagnies anglaises ont fixé la charge de rupture à 78 kilogrammes.

Comme la dureté d'un acier ne dépend pas seulement de sa composition chimique, mais aussi de son état moléculaire, qui varie avec la pression à laquelle le métal peut se trouver soumis et avec la trempe due aux changements de température, il en résulte que la forme du rail Vignole, facilitant la trempe des bords du patin, produit au laminage, dans les différentes parties de la section, des tensions moléculaires irrégulières. De là l'utilité d'employer à la fabrication de ce rail un acier moins dur que pour les rails double champignon et de chauffer à une plus haute température les lingots.

La nature du métal pour rails a fait l'objet de plusieurs études spéciales et très documentées [1] qui ont été présentées au *Congrès des Chemins de fer en* 1900, lequel a adopté, à ce sujet, les conclusions suivantes :

« Il ne semble pas possible de préciser actuellement la nature du métal qu'il conviendrait de recommander pour la confection des rails. Il y a lieu de continuer les études déjà faites dans ce but en précisant ce que l'on entend par acier dur ou doux et en adoptant des unités expérimentales uniformes. »

Usure des rails. — L'usure maximum des rails a lieu dans les tunnels, par suite de l'oxydation, sur les fortes pentes, aux entrées des gares, par suite de l'usage des freins, et sur la file extérieure des courbes de très faible rayon [2].

Sauf ces cas exceptionnels, la diminution de hauteur du champignon d'un rail d'acier, après le passage d'un grand nombre de trains, paraît proportionnelle, d'après M. Coïard : 1° au tonnage moyen des trains ; 2° à leur vitesse moyenne ; 3° à la flexion des rails entre leurs points d'appui ; 4° à un coefficient variable suivant la provenance ; 5° aux déclivités ; elle est plus forte sur les pentes que sur les rampes.

M. Coïard représente cette loi par la formule suivante :

$$N = \frac{10^6}{TV} \times \frac{I}{L^3} \times \frac{1}{1 + aD^2} \times C ;$$

N = nombre de trains qui répond à une diminution de 1 millimètre de hauteur du champignon
T = tonnage moyen d'un train en tonnes ;
V = vitesse moyenne, en kilomètres à l'heure ;
I = moment d'inertie de la section, en centimètres ;
L = espacement des traverses, en mètres ;
D = déclivité, en millimètres par mètre ;
= coefficient égal à 0,023 pour les pentes et 0,012 pour les rampes ;
C = coefficient de fabrication variable avec la provenance ; cette valeur est de 1,4 pour les rails d'acier P.-L.-M.

Cette formule donne l'usure régulière en voie courante, sans tenir compte des rails remplacés pour cause d'avaries, telles que cassures ou fissures longitudinales. Elle conduit, pour un rail en acier de composition normale, à une usure de 1 millimètre pour 150 ou 200.000 trains (soit 35.000.000 tonnes, en supposant un poids moyen de train de 200 tonnes), ce qui, pour une ligne à grande circulation ayant une capacité de 10.000 trains par an, conduirait à une durée

[1] Voir notamment les *Rapports* de MM. Bricka et Poulet et celui de M. P.-H. Dudley (*Compte rendu général du Congrès,* 1er volume).

[2] Voir *Revue générale des Chemins de fer*, mars 1884, p. 105.

de rails d'acier d'environ cent trente ans, en supposant une usure maximum de 15 millimètres : mais, en tenant compte des rails avariés, cette durée se réduit à environ soixante-quinze ans, soit une circulation totale de 750.000 trains.

Des relevés très exacts ont démontré que la durée des rails en fer correspondait à 80 ou 90.000 trains : les rails en acier ont donc une durée 8 à 9 fois plus grande que les rails en fer.

Dans une communication faite au Congrès de 1900, les chemins de fer de l'Ouest, de l'Est de France, et deux lignes autrichiennes, ont signalé que les rails s'usent de 1 millimètre par 100.000 trains lorsque les freins n'agissent pas : le Nord admet le chiffre de 1mm,86. et ajoute que, là où les freins agissent sur tous les trains, l'usure est 5 fois plus forte.

On cite un rail qui, ayant supporté le passage de 450.000 trains dans une gare où tous les trains s'arrêtent sous l'action des freins continus, a subi sans détérioration une diminution d'épaisseur de 27 millimètres au champignon [1].

Sous les tunnels et sur les pentes voisines des gares, l'usure est, généralement, 10 fois plus grande qu'en pleine voie, et l'expérience semble indiquer que, dans ce dernier cas, les rails en acier moins dur se détérioreraient moins rapidement. Au bord de la mer, comme dans les tunnels, on constate une usure rapide, due à l'influence des agents chimiques ; l'usure n'affecte pas seulement le champignon, mais toute la section du rail.

Epreuves des rails. — Les épreuves pour la réception des rails en acier varient suivant les Compagnies. Mais, cependant, elles peuvent se résumer :

1° *En épreuve statique à la déformation.* — Le rail est disposé sur deux couteaux espacés de 1m,10, et une charge de 16.000 kilogrammes, reposant au milieu, ne doit produire aucune flèche permanente au bout de cinq minutes.

2° *Épreuve statique à la rupture.* — Avec le même espacement, une charge de 35 tonnes est placée pendant cinq minutes au milieu du rail, qui ne doit pas garder de flèche permanente supérieure à 2 millimètres. On augmente ensuite cette charge jusqu'à la rupture, qui ne doit pas se produire sous un poids inférieur à 50.000 kilogrammes.

3° *Épreuve au choc.* — Cette épreuve consiste à prendre un morceau du rail de 2m,80 de longueur, à le placer sur deux appuis espacés de 1m,10 et à lui faire subir le choc d'un mouton de 300 kilogrammes tombant de 1m,75 de hauteur (soit 525 kilogrammètres) sans qu'il se rompe, puis à le rompre sous le choc du même mouton tombant de 5 mètres (soit 875 kilogrammètres).

1 Bricka, *Congrès de* 1900.

Les deux appuis en fonte reposent sur une enclume, également en fonte, de 10 tonnes, reposant elle-même sur une forte assise en maçonnerie.

Au P.-L.-M., les rails doivent donner 70 kilogrammes de résistance à la rupture avec 12 0/0 d'allongement.

A ces essais principaux s'ajoutent d'autres épreuves complémentaires, et, parmi celles-ci, celles relatives aux essais à la traction jusqu'à la rupture, où l'on constate les allongements, les charges et la striction.

Choix du type de rail. — Le rail à double champignon à coussinets est-il préférable au rail à patin ou rail Vignole ? Cette question, posée depuis vingt ans, est encore bien loin d'être résolue et, malgré une longue expérience, chaque système a ses partisans.

L'Angleterre, avec ses trains à très grande vitesse, n'emploie que le rail à coussinets.

En France, la proportion est à peu près également répartie.

En Allemagne, en Autriche-Hongrie, en Russie, en Italie, en Espagne, on n'emploie que le rail Vignole.

Il en est de même en Amérique.

En fait, la voie Vignole résiste aussi bien que la voie à double champignon aux efforts verticaux : mais elle est inférieure à celle-ci au point de vue des efforts latéraux, à moins d'employer, comme à la Compagnie de P.-L.-M., de fortes éclisses-cornières reliées aux traverses par des tire-fond qui font alors de la voie Vignole presque une voie à coussinets.

L'éclissage, le point faible de tous les systèmes de voies, peut être le même dans les deux types, mais la voie Vignole est plus économique, comme dépenses de premier établissement, que la voie à coussinets ; la différence peut atteindre 3.900 francs par kilomètre.

La vérité est que c'est une question d'espèce, et nous terminerons en citant, à ce sujet, les conclusions de la première section du Congrès international des chemins de fer tenu à Paris en 1889.

Voici ces conclusions :

« L'Assemblée estime que les voies à coussinets et les voies Vignole fortement constituées offrent toute garantie au point de vue de la sécurité de l'exploitation. Toutefois, la voie lourde à coussinets, à large base, semble devoir être plus spécialement la voie des lignes parcourues par des trains nombreux et lourds circulant à de très grandes vitesses.

« Elle serait avantageuse encore pour les lignes à sinuosités très accentuées.

« La voie Vignole, qui, débarrassée des compléments indispensables pour les lignes à grande vitesse, est plus économique de premier établissement que la voie à coussinets, peut être préférée pour les lignes à trafic moins lourd et surtout à trains moins rapides. »

Coussinets et éclisses. — Les rails à *double champignon* reposent sur les traverses par l'intermédiaire de pièces de fonte appelées coussinets, qui épousent la forme du champignon et sont calées, en général, du côté extérieur à la voie, à l'aide de coins en bois ou en métal ; ces derniers sont formés d'une lame repliée formant ressort. Les coussinets sont fixés sur les traverses à l'aide de deux ou trois tirefonds.

En Angleterre, on emploie souvent quatre attaches.

Le poids des coussinets va sans cesse en augmentant. Le dernier type d'Orléans pèse 18kg,5. En Angleterre, au L. et N. W., le poids du coussinet est de 26kg,95 ; au Midland, de 22kg,700, et au L. et Y., de 25kg,37. On augmente aussi la surface d'appui sur la traverse, de manière à ne pas dépasser une pression de 20 kilogrammes par centimètre carré.

Pour la voie à coussinets, comme pour la voie Vignole, le joint se fait généralement en porte-à-faux ; on a fait aussi quelques essais de joints chevauchés. Au dernier Congrès des Chemins de fer, il a été conclu, à ce sujet, que, tout en continuant les recherches en vue de perfectionner le joint en porte-à-faux, il est utile que les Administrations de chemins de fer entreprennent ou poursuivent des essais avec tout autre système de joint, et, notamment, avec le joint appuyé ; il est utile aussi que des expériences soient entreprises en vue de réduire le nombre des joints, et cela, notamment, par le soudage des rails.

Les rails sont réunis au moyen de deux armatures en acier, appelées *éclisses*, interposées, de chaque côté du rail, entre les deux champignons, ou entre le champignon et le patin du rail lorsqu'il s'agit de la voie Vignole.

Chaque paire d'éclisses est réunie au moyen de quatre boulons, et, dans le premier cas, la longueur de l'éclisse est fixée par la longueur qui sépare aux joints les faces des deux coussinets : cette longueur est généralement de 0m,45.

Dans le but d'augmenter la résistance de l'éclisse et, par conséquent, d'améliorer le joint, la partie faible de la voie, on donne à cette éclisse la forme d'une cornière, ou plutôt on prolonge la partie inférieure de celle-ci au-dessous du rail, en lui donnant une forme embrassant le champignon inférieur ; le moment d'inertie est ainsi augmenté.

La paire d'éclisses pèse : à l'Orléans, 19 kilogrammes ; à l'Ouest 16 kilogrammes ; à l'Etat, 19kg,50 ; au Midland, 18kg,16 ; et au L. et Y., 12kg,68.

La voie Vignole, par suite de la suppression du coussinet, permet d'allonger les éclisses ; aussi, au P.-L.-M., celles-ci, en forme de cornière, ont 0m,80 de longueur et sont réunies au moyen de six boulons ; elles s'appuient ainsi sur les deux traverses contiguës auxquelles elles sont fixées au moyen de huit tire-fond par traverse de joint. Le poids de la paire d'éclisses est de 40 kilogrammes.

Au Nord et à l'Est, l'éclisse, tout en conservant sa forme cornière, n'est pas reliée par sa base aux traverses de joint. Au Nord, la longueur de l'éclisse est de $0^{m},65$; il y a quatre boulons, et le poids de la paire d'éclisses est de $25^{kg},56$. Ce poids est, pour l'Est, de 18 kilogrammes.

Au P.-L.-M., les éclisses doivent donner au moins 50 kilogrammes de résistance à la rupture avec 18 0/0 d'allongement.

Traverses. — Les traverses, destinées à supporter les rails, sont généralement en chêne, en hêtre ou en pin. On emploie aussi des traverses métalliques et, depuis quelques années, des traverses en ciment armé (voir ci-après).

Le chêne dépourvu d'aubier s'emploie sans préparation aucune : les traverses en hêtre ou en bois tendre subissent une préparation au moyen d'une injection de matière antiseptique, qui est généralement, en France et en Angleterre, la créosote. Cette préparation se fait en vase clos par vide et pression. Ailleurs, on se sert encore, sur certaines lignes, du chlorure de zinc ; l'Etat français fait également usage de cet antiseptique, soit seul, soit mélangé avec la créosote.

La quantité de créosote injectée par traverse adoptée par les diverses Compagnies est :

Chêne....	5 à 7	kilogrammes.	Hêtre.....	24 kilogr.	Est.
Hêtre....	13	kilogr. Nord.	Pin.....	12 —	Midi.
—	15 à 16	— Ouest.	—	14 —	P.-O.
—	18 à 20	— P.-L.-M.	—	16 —	P.-L.-M.

mais ces chiffres ne sont qu'approximatifs et varient avec l'état du bois à injecter.

On peut estimer aux prix suivants, d'après M. Euverte [1], les frais d'injection des traverses :

	CHÊNE	HÊTRE ET PIN	
		16 kilogr.	24 kilogr.
Créosote.....	0,40	1,12	1,68
Autres frais	0,20	0,20	0,20
Transports	0,30	0,30	0,30
TOTAUX.....	0.90	1,62	2,18

1 *Procédés employés pour l'injection des traverses* (*Revue générale des Chemins de fer*, février 1895).

D'après un travail de M. Coüard sur la durée des traverses en bois [1], cette durée, pour les six Compagnies françaises, serait, pour le chêne et le hêtre créosotés, d'environ treize ans, et, pour le pin créosoté, de neuf ans. Mais ces durées se trouvent souvent doublées.

La longueur des traverses varie de 2m,60 à 2m,80 ; la largeur, de 0m,20 à 0m,24 ; et l'épaisseur, de 0m,14 à 0m,16. Douze traverses occupent un volume de 1 mètre cube. Le prix des traverses est très variable et dépend d'une foule de circonstances. Les prix que nous donnons ci-dessous ne sont donc que très approximatifs ; ces prix comprennent le créosotage et le sabotage ; cette dernière opération peut être estimée, en moyenne, à 0 fr. 15 par traverse.

Traverse en chêne avec aubier.....	5f,34
— en hêtre.....	5 ,49
— en pin.....	4 ,00

En Angleterre, pour des traverses en sapin de la Baltique, ce prix est d'environ 3 fr. 55.

Augmentation de la durée des traverses. — On augmente notablement la durée des traverses en les munissant de *tirenails*, chevilles en bois dur dans lesquelles se vissent les tire-fond qui attachent les rails [2] ; ou bien en vissant les tire-fond dans des garnitures métalliques en hélice, fixées préalablement dans les traverses (type Thiollier) [3], ou encore en employant des tire-fond ayant un écrou tronconique qui écarte dans le bois deux barrettes de retenue (type Lakhovsky).

Tous ces dispositifs peuvent être employés dans l'entretien pour permettre de conserver en service des traverses détériorées ou usées à l'endroit des tire-fond.

Ballast. — Les traverses sont enterrées dans une couche de gravier qui recouvre la plate-forme du chemin de fer et que l'on nomme ballast. Les sables d'alluvions renfermant des silex taillés constituent le meilleur ballast ; ils offrent la perméabilité pour l'écoulement des eaux de pluie, la mobilité et l'élasticité pour le bourrage du ballast sous les traverses, la consistance nécessaire pour empêcher la pulvérisation, l'empâtement et la congélation.

On emploie souvent des pierres ou des briques cassées, quand on ne peut se procurer économiquement le gravier naturel : parfois, dans le voisinage des usines, on utilise les laitiers et scories, mais les fragments finissent par s'effriter à l'air.

[1] *Revue générale des Chemins de fer*, numéro de décembre 1891.

[2] Voir une note à ce sujet dans la *Rev. gén. des Ch. de fer*, février 1900.

[3] Voir *Bull. du Cong. int. des Ch. de fer*, juillet 1906.

§ 2. — Pose de la voie.

Profil de la plate-forme. — La largeur de la plate-forme, entre les bords extérieurs des fossés ou les arêtes des talus de remblais, est de $9^m,64$ sur les lignes à double voie. Le profil du ballast doit avoir $7^m,14$ de largeur entre arêtes supérieures pour les lignes à double voie, soit : $3^m,02$ pour les deux voies, $2^m,06$ d'entre-voie et $1^m,03$ de part et d'autre extérieurement au rail. L'inclinaison du talus du ballast est de 3 de base pour 2 de hauteur, et on lui donne généralement $0^m,50$ de hauteur et $0^m,75$ de base de chaque côté, de telle sorte que la largeur du ballast à la base est d'environ $8^m,64$ et qu'il reste de part et d'autre une banquette de $0^m,50$. Sur les lignes à voie unique, la largeur de la plate-forme est de $6^m,07$; la largeur du ballast est, entre arêtes supérieures, de $3^m,57$ et de $5^m,07$ à la base. Sur la ligne de Hermes à Beaumont, dont la voie réduite a une largeur de 1 mètre, la largeur de la plate-forme est de $3^m,80$.

Largeur de la voie. — La largeur de la voie normale, entre bords intérieurs des rails, varie de $1^m,435$ à $1^m,45$; le champignon ayant $0^m,06$, on compte d'axe en axe des rails $1^m,51$ environ. Cette largeur a été presque universellement adoptée.

En France, la largeur de 1 mètre paraît prévaloir pour les voies étroites. Quelques lignes, cependant, ont été construites à la voie de $0^m,60$.

Gares communes. — Il n'est pas inutile de signaler à ce propos que, dans les gares communes, on ne doit pas s'interdire la faculté de faire circuler les véhicules de la voie étroite sur les voies larges, afin de pouvoir profiter de toutes les installations nécessitées par le trafic de la ligne à voie large. Mais, au lieu de poser trois rails sur les voies et plaques communes, il est préférable d'en poser quatre et de centrer ainsi la voie étroite au milieu de la voie large, sans quoi on ne pourrait, à cause du défaut de symétrie, tourner sur plaque un wagon bout pour bout, et l'effort nécessaire pour effectuer cette rotation serait considérable, par suite du porte-à-faux.

Inclinaison des rails. — Le rail ne repose pas verticalement sur la traverse ; il est nécessaire qu'il présente une certaine inclinaison, le bandage des roues des véhicules étant conique au lieu d'être parfaitement cylindrique, afin de faciliter le passage dans les courbes.

L'inclinaison est généralement de 1/20 et peut atteindre 1/10 sur certaines lignes avec courbes de faible rayon. Dans la voie à double champignon, elle est obtenue par la forme même du coussinet qui sert de support au rail.

Dans la voie à patin, où le rail repose directement sur la traverse,

on entaille la traverse, de manière à donner au rail l'inclinaison voulue ; c'est ce qu'on appelle le *sabotage de la traverse*.

Aux États-Unis les rails ne sont pas inclinés.

Surhaussement dans les courbes. — La pose de la voie dans les courbes nécessite plusieurs précautions, dont la principale est le surhaussement du rail extérieur à la courbe. Ce surhaussement est nécessité par l'existence de la force centrifuge, qui, composée avec le poids des véhicules, donne une résultante s'écartant légèrement de la verticale : le véhicule s'incline et les roues tendraient à abandonner le rail extérieur, si l'on ne le surélevait d'une quantité qui varie avec le rayon de la courbe et la vitesse des trains.

Deux formules servent au calcul de ce surhaussement. L'une, *théorique*, et qui est employée par un certain nombre de Compagnies, peut s'écrire sous la forme :

$$h = \frac{0{,}0118V^2}{R};$$

h = Surhaussement ;
V = Vitesse en kilomètres à l'heure ;
R = Rayon de la courbe en mètres.

L'autre, *empirique*, qui est aussi d'un usage répandu :

$$h = \frac{V}{R}.$$

Dans ces deux formules, on suppose que l'écartement d'axe en axe des rails est de $1^m{,}51$.

Si on compare ces deux formules, on verra qu'elles donnent le même résultat pour $V = 0$ et $V = 84^m{,}74$, mais que la formule $\frac{V}{R}$ donne un *excès de dévers* qui, d'abord nul, augmente avec la vitesse pour atteindre un maximum pour la vitesse de 42 kilomètres à l'heure, et décroît ensuite à mesure que la vitesse augmente, pour redevenir nul quand la vitesse atteint $84^{km}{,}74$.

Cet excès de dévers, fourni par la formule $\frac{V}{R}$, correspond, du reste, entre 20 et 60 kilomètres à l'heure, à l'excès de dévers qu'on avait l'habitude de donner en se servant de la première formule théorique.

Lorsqu'on se sert de la formule $\frac{V}{R}$, on a soin de classer d'abord les lignes du réseau en plusieurs catégories, suivant qu'elles sont parcourues par des trains express, directs ou omnibus.

La Compagnie de P.-L.-M. emploie les quatre catégories suivantes :

$$\frac{40}{R}, \quad \frac{50}{R}, \quad \frac{60}{R}, \quad \frac{70}{R};$$

la Compagnie du Nord, les trois suivantes :

$$\frac{40}{R},\quad \frac{50}{R},\quad \frac{75}{R},$$

et l'État français :

$$\frac{40}{R},\quad \frac{50}{R},\quad \frac{60}{R}.$$

La Société des Chemins de fer économiques, pour son réseau à voie normale de $1^m,45$, admet la formule :

$$\frac{40}{R}.$$

Pour les lignes à voie étroite (1 mètre et au-dessous), il semble avantageux de maintenir un excès de dévers qui, du reste, n'a pas le même inconvénient que pour les grandes lignes, étant donné le faible écart qui existe entre les vitesses extrêmes des trains.

La Société des Chemins de fer économiques et la Compagnie de Bône-Guelma emploient la formule :

$$h = \frac{V^2}{122R}\left(1 + \frac{1}{10}\right).$$

La vitesse V, en kilomètres à l'heure, qui figure dans ces formules, doit être la vitesse de marche *inscrite au livret de marche des trains*, et il n'y a pas lieu de tenir compte des augmentations de vitesse permises en cas de retard.

Le maximum de surhaussement doit être fixé, pour tous les cas, à 150 millimètres.

En Angleterre, quelques Compagnies adoptent, pour le calcul du surhaussement, une formule semblable à la formule théorique que nous avons donnée ci-dessus et qui porte le nom de formule de *Molesworth*. Le North Eastern diminue dans une forte proportion les résultats obtenus avec cette formule ; les autres Compagnies, quoique à un degré moindre, agissent de même.

D'autres Compagnies, enfin (le Great Western, le North British, par exemple), n'ont pas de formules pour le calcul du surhaussement et laissent aux poseurs le soin de rechercher celui qui convient le mieux dans chaque cas particulier.

Quant à la question de vitesse et au maximum de surhaussement, on semble admettre les mêmes conditions que celles dont nous venons de parler précédemment.

Pour les lignes à double voie en pente, il semblerait utile de modifier le surhaussement, suivant qu'il s'agit de la voie en pente ou de la voie en rampe, la vitesse des trains n'étant pas généralement la même sur les deux voies. Toutefois, on ne paraît tenir compte de cette différence que lorsque la pente dépasse 6 millimètres par mètre.

Surécartement de la voie. — Si le surhaussement dans les courbes est admis en principe par tous les ingénieurs de chemins de fer, il n'en est pas de même du *surécartement*, c'est-à-dire de la différence de largeur de la voie en courbe et en alignement droit.

Un certain nombre de Compagnies de chemins de fer admettent un surécartement pour les courbes même de grand rayon, c'est-à-dire au-dessus de 1.000 mètres (Grande Société des Chemins de fer russes, État russe, État néerlandais, État suédois), d'autres ont fixé la limite aux courbes d'un rayon inférieur à 1.000 mètres (chemins de fer hollandais, Grand Central belge, État danois, Midi, chemins de fer de la Méditerranée (Italie)), d'autres à 500 mètres et au-dessous (Est français, État belge, Paris-Orléans, Midi français, Chemins de fer économiques).

La Compagnie de P.-L.-M. n'admet de surécartement que pour les courbes d'un rayon égal ou inférieur à 200 mètres.

La Compagnie de l'Ouest n'admet aucun surécartement, ainsi que l'État français, qui, avant 1889, l'admettait.

Pour son réseau à voie de 1 mètre, la Société des Chemins de fer économiques admet un surécartement de $0^{m},015$ pour les courbes au-dessous de 250 mètres de rayon.

Les ingénieurs anglais ne donnent aucun surécartement à la voie, même dans les courbes de moins de 200 mètres de rayon.

Le surécartement est fonction du rayon de la courbe, de l'écartement des essieux des véhicules, du jeu de la voie en alignement droit et surtout aussi du profil du bandage de la roue ; cette dernière considération est très importante.

Le jeu de la voie en alignement droit est, en France, de :

21 millimètres pour les Compagnies de l'Ouest, du Nord, de l'Est et de l'État :

26 millimètres pour les Compagnies de P.-L.-M. et d'Orléans ;

25 millimètres pour la Compagnie du Midi.

En Angleterre, le jeu est moindre et réduit à 14 millimètres pour tous les véhicules, sauf pour les roues motrices des locomotives, où, par suite de la réduction d'épaisseur du mentonnet, le jeu est porté de 20 à 22 millimètres.

Nous donnons ci-dessous le jeu en alignement droit admis par quelques administrations de chemins de fer :

État belge	$11^{mm},5$	Nord Emp. Ferdinand	$10^{mm},0$
Grand Central belge	11 ,0	État néerlandais	10 ,0
État danois	10 ,0	Chem. de fer hollandais	16 ,0
État suédois	19 ,0	Ch. d. f. de la Méd. (Italie)	20 ,0
Gothard	10 ,0	Ch. d. f. de l'Adriat. (Italie)	23 ,0
Chemins de fer économiques	20 ,0	Chemins de fer portugais	23 ,0
Gde Soc. d. ch. d. f. russes	26 ,0	État russe de 10,0	24 ,0

Chemins de fer économiques (voie de 1 mètre) $25^{mm},0$

Nous ne pouvons nous étendre plus longuement sur cette question importante du surécartement dans les courbes, mais nous terminerons en citant les conclusions du rapport de M. du Bousquet au Congrès des Chemins de fer, à Saint-Pétersbourg, conclusions adoptées par celui-ci [1] :

1° Pour toutes les courbes de rayon égal ou supérieur à 500 mètres et avec le matériel normal des chemins de fer, le jeu de la voie en courbe peut rester le même qu'en alignement droit, et cela même pour les lignes dont le jeu de la voie en alignement droit n'a qu'un minimum de 10 millimètres.

2° Pour les courbes d'un rayon inférieur à 500 mètres, une augmentation du jeu de la voie paraît être utile. Cette augmentation doit être d'autant plus faible que le jeu en alignement droit est plus grand ; elle dépend aussi de la forme du profil du boudin.

Aux changements de voie, aux croisements et aux traversées, l'écartement de la voie est toujours réduit ; cette réduction est généralement de 6 millimètres.

Raccordements paraboliques. — Dans une courbe, le surhaussement devrait, *théoriquement*, exister sur toute la longueur de la courbe, à partir du point de tangence. Mais, *pratiquement*, on ne peut obtenir subitement à ce point le surhaussement ; il faut le gagner peu à peu par un plan incliné qui est généralement de 1 à 2 millimètres par mètre. Mais ce plan incliné doit-il commencer avant le point de tangence, ou ne doit-il commencer, au contraire, qu'au point de tangence, ou bien doit-il être à cheval sur celui-ci en ne donnant alors au point de tangence que la moitié du surhaussement ?

Tous ces systèmes présentent des inconvénients et on a cherché à placer le plan incliné sur une courbe de raccordement dont les rayons de courbure successifs varient depuis l'infini jusqu'au rayon de la courbe : chaque point de cette courbe correspond ainsi au surhaussement graduel, et les réactions des véhicules se trouvent annulées. Cette courbe de raccordement est généralement une parabole cubique [2].

Un certain nombre de Compagnies françaises ou étrangères admettent le raccordement parabolique, mais d'autres ne l'ont jamais

[1] *Bulletin du Congrès international des Chemins de fer*, août 1892.

[2] Cette question des raccordements a fait l'objet de nombreuses études ; voir notamment : Chavès (*Société des Ingénieurs civils*, 3e cah., 1865); Nordling (*Annales des Ponts et Chaussées*, 3e cah., 1867); Combier (*Annales des Ponts et Chaussées*, 3e cah., 1869), dont la méthode a été adoptée par différentes Compagnies, notamment par la Compagnie de l'Est et l'État belge ; du Bousquet (*Bulletin du Congrès international*, août 1892); Max. de Leber (*Revue des Chemins de fer*, janvier 1893).

admis ou l'ont abandonné. Ainsi, la Compagnie P.-L.-M. a toujours employé le raccordement circulaire légèrement remanié au jugé par les poseurs. La Compagnie du Nord, qui employait les raccordements paraboliques, a abandonné les rigueurs de cette règle en laissant aux chefs poseurs le soin de faire disparaître au jugé les jarrets de la voie, ceux-ci arrivent presque instinctivement à l'établissement de la portion de parabole du raccordement théorique.

Il est de toute nécessité d'établir un alignement droit entre deux courbes de sens contraire ; malheureusement, sur certaines lignes construites au début, on n'a pas tenu compte de cette condition essentielle, et il en résulte de très grandes difficultés pour répartir le surhaussement d'une manière convenable. Quelle doit être la longueur de cet alignement ? Certaines Compagnies admettent une longueur de 100 mètres, mais il semble résulter de la pratique que la longueur minimum peut être comprise entre 60 et 40 mètres pour les voies normales et se réduire à 20 mètres pour les voies de 1 mètre.

Rails longs et rails courts dans une courbe. — Dans les courbes, le développement du rail extérieur est plus grand que celui du rail intérieur. Il est donc indispensable d'employer un certain nombre de rails courts pour la file intérieure. On obtient cette quantité N par la formule suivante :

$$N = \frac{D}{l}\left(1 - \frac{R - \frac{1}{2}e}{R + \frac{1}{2}e}\right).$$

D = Développement total de la courbe extérieure ;
l = Quantité dont le petit rail est plus court que le grand ;
R = Rayon de la courbe ;
e = Largeur de la voie.

Espacement des traverses. — Les joints des rails sont, en général, en porte-à-faux : ils sont tantôt correspondants, tantôt alternés, mais plus souvent correspondants.

L'espacement des traverses dépend nécessairement de la charge que doit supporter la plateforme sur laquelle est posée la voie.

Le calcul du travail du métal dans le rail, sous l'influence des charges mobiles, est une question très difficile. Lorsqu'une voie est soumise à l'action d'une charge roulante, les rails qui constituent cette voie ne se comportent nullement comme une poutre continue reposant sur des points fixes. Les traverses de support s'enfoncent dans le ballast, matière plus ou moins élastique, et la courbe de déformation suit d'une manière plus ou moins approchée ces enfoncements

des traverses. Cette dernière considération rend le calcul extrêmement compliqué[1].

Dans les voies actuelles, le travail du métal atteint généralement, au milieu du rail, 12 kilogrammes par millimètre carré, et, au joint, 21 kilogrammes, c'est-à-dire à peu près la moitié de la limite d'élasticité du métal généralement employé pour les rails. Ci-dessous quelques chiffres sur l'espacement des traverses :

France.

Est.....	Rails de 12m,00 ;	16	traverses :	espacement	moyen 0,77 / joint 0,60
Nord	—	14	—	—	moyen 0,87 / joint 0,70
Ouest	—	15	—	—	moyen 0,83 / joint 0,60
P.-L.-M.	—	18	—	—	moyen 0,72 / joint 0,54
Midi....	Rails de 11m,00 ;	14	—	—	moyen 0,82 / joint 0,60
P.-O.	—	14	—	—	moyen » / joint »

Dans ces dernières années, par suite de l'augmentation de poids des nouvelles machines on a augmenté aussi le nombre de traverses.

En Angleterre, les rails, de 9m,15 de longueur, sont généralement supportés par onze traverses avec espacement moyen de 0m,83 et de 0m,60 au joint. Le L. et N. W. emploie seulement dix traverses pour la même longueur de rail : l'espacement moyen est de 0m,92 et, au joint, de 0m,86.

Aux États-Unis, les traverses sont généralement plus rapprochees. Ainsi, le nouveau rail de 49kg,5 du Pennsylvania Railroad, de 9m,15 de longueur, est supporté par quatorze traverses espacées de 0m.69 et, au joint, de 0m,46.

Les traverses sont enfoncées dans le ballast, qui est bourré tout autour, mais en laissant un léger creux au milieu, de manière que la traverse ne porte que sous le rail.

Le ballast est réglé au niveau du rail du côté extérieur ; à l'intérieur, il est nivelé un peu au-dessus de la traverse.

En Angleterre, les Compagnies de chemins de fer donnent presque toujours au ballast une épaisseur de 0m.61. Le niveau supérieur de celui-ci affleure, tant à l'intérieur des voies que dans l'entre-voie et

[1] Cette question a été étudiée par M. Zimmermann, dans son ouvrage très complet sur la matière et qui a pour titre : *Die Berechnung des Eisenbahn-Oberbaues*, et par M. Coüard, dans ses *Recherches expérimentales des conditions de stabilité des voies en acier*, publiées dans la *Revue générale des Chemins de fer* en 1889.

sur les accotements, avec la surface supérieure des traverses. En général, la couche de ballast ne dépasse pas en largeur l'arête extérieure des traverses.

Voies métalliques. — Depuis quelques années, l'emploi des traverses métalliques a pris un certain développement. En Europe, sur un réseau d'une longueur d'environ 213.000 kilomètres, on pouvait compter, en 1891, 16.457 kilomètres avec voie métallique, soit environ 7.70 0/0. La plus forte proportion est en Allemagne, où, pour un réseau d'une longueur de 40.480 kilomètres, on trouve 14.137 kilomètres sur traverses métalliques, soit 34.8 0/0. Dans ce pays, cependant, la progression semble un peu se ralentir, mais cela tient, peut-être, à l'augmentation du prix du métal dans ces dernières années.

En Afrique, la proportion est de 24,80 0/0 ; en Asie, de 48,75 0/0 ; en Australie, de 1,75 0/0 ; et en Amérique, de 1,94 0/0.

Dans le monde entier, pour un réseau d'une longueur totale d'environ 582.275 kilomètres, on compte 39.908 kilomètres sur traverses métalliques, soit 6,85 0/0.

On emploie plusieurs systèmes de voies métalliques :

1° La voie sur *plateaux métalliques*, caractérisée par les systèmes de Livesey, de Mac-Lellan, de Denham, employés dans les pays tropicaux et principalement aux Indes anglaises ; de Muller, appliqué sur le chemin de fer militaire de Berlin ;

2° La voie sur *traverses métalliques :* c'est le système le plus répandu et les types de traverses sont très nombreux. Nous citerons parmi eux les traverses Vautherin, Berg et Marche, Hilf, Heindl, employées sur les chemins de fer autrichiens ; Post, à profil constant ou variable ;

3° La voie sur *longrines métalliques*, caractérisée principalement par les voies Hilf et Harmann, employée en Allemagne.

Les rails sont fixés sur les traverses ou sur les longrines soit au moyen de crapauds et de cales ou clavettes, soit au moyen de crapauds et de boulons : c'est ce dernier système qui domine actuellement ; mais, il faut bien le dire, c'est là le point faible de la voie métallique.

Afin d'obtenir une voie stable, il est nécessaire d'employer des traverses d'un poids d'au moins 60 à 70 kilogrammes pour les voies très fatiguées, et le métal doit être en acier doux.

La voie posée sur traverses métalliques coûte-t-elle moins cher d'entretien que la voie sur traverses en bois ? Cette question dépend de bien des circonstances, et surtout du ballast employé : les dépenses d'entretien paraissent également diminuer au bout des deux ou trois premières années de service. En fait, les ingénieurs ne paraissent pas encore fixés sur cette comparaison des dépenses d'entretien, et le Congrès de Saint-Pétersbourg a conclu à ce sujet : qu'il ressortait des renseignements présentés que la traverse métallique, quand elle est placée dans des conditions d'emploi rationnelles, peut produire une

économie dans la dépense de main-d'œuvre d'entretien. Mais il conclut aussi à la continuation des expériences [1].

Aiguilles. — Les aiguilles ou changements de voies sont destinées à donner passage d'une voie sur une autre. Elles se composent d'une paire de lames mises en mouvement par un levier de manœuvre, à l'aide d'une tringle de connexion, et venant, suivant la position du levier, s'appliquer contre l'un ou l'autre des rails de la voie. Les rails extrêmes sont toujours fixes et continus ; l'une des lames constitue le rail intérieur de la voie déviée, et l'autre, le rail intérieur de la voie normale.

Lorsque les aiguilles sont abordées par leur extrémité, ou, comme l'on dit, *en pointe*, pour aller dans la direction de la voie déviée, il est nécessaire de donner la voie en manœuvrant le levier, tandis que, si elles sont abordées par le talon, le véhicule fait lui-même l'aiguille. Les leviers des aiguilles abordées par les pointes, dans le sens normal de la circulation, sont généralement maintenus pendant le passage des trains, pour que les lames s'appliquent exactement contre les rails et pour éviter toute chance de déraillement.

Quand la manœuvre de l'aiguille se fait à distance, à l'aide de transmissions rigides ou à l'aide de transmissions par fils, on fait usage, surtout quand l'aiguille est prise en pointe, d'un appareil de calage ou de verrouillage pourvu d'une pédale qui assure la position de l'aiguille et empêche qu'on ne puisse la manœuvrer avant qu'elle ne soit entièrement dégagée par les véhicules qui l'ont abordée ; on la munit souvent d'un contrôleur électrique, disposé de telle manière qu'un tintement de sonnerie prévient l'aiguilleur dans le cas où l'aiguille est entre-bâillée. Tant que les lames s'appliquent exactement, aucune sonnerie ne se fait entendre.

Lorsque la manœuvre ne se fait pas à distance, les leviers des aiguilles sont munis de contrepoids, en forme de lentille, qui forcent les lames à rester appliquées contre les rails ; quand les aiguilles doivent donner normalement une direction déterminée, on fixe leur contrepoids à l'aide de chevilles passées au travers du levier, dans l'axe de rotation du contrepoids. Quelquefois, pour plus de sûreté, on passe une chaîne qui rattache le contrepoids à un point fixe, et l'on cadenasse cette chaîne ; mais il faut alors que l'aiguille ne soit jamais abordée en talon par des véhicules venant de la direction qu'elle ne donne pas, sans quoi, le contrepoids ne pouvant se soulever quand le levier oscille automatiquement, les lames seraient forcées par les boudins des roues.

[1] On trouvera des renseignements complets sur les différents systèmes de voies métalliques dans l'ouvrage de M. Harmann, ayant pour titre : *Das Eisenbahn Geleise*, et dont la *Revue générale des Chemins de fer* a donné un compte rendu dans le numéro d'octobre 1892.

Les changements *triples* ou aiguilles *triples*, qu'on appelle *doubles* sur certains réseaux, sont destinés à réunir trois voies en un même tronc commun : ils sont symétriques et formés de lames d'aiguilles pouvant s'appliquer deux à deux contre chaque rail. Les lames internes constituent les rails intérieurs des deux voies latérales ; les lames intermédiaires forment les rails de la direction médiane, et les rails continus sont les rails extrêmes des deux voies latérales. Deux leviers à contrepoids servent à manœuvrer sur place ces changements, qui ont l'avantage de nécessiter moins d'espace que deux aiguilles successives, mais qui sont moins favorables à la circulation à cause du surcroit d'écartement des rails ; on évite même, autant que possible, de les employer sur les voies parcourues à grande vitesse.

Croisements, traversées obliques. — Les croisements sont des appareils spéciaux placés à l'intersection des rails pour permettre le passage des boudins des roues. Ils se rapportent à un nombre restreint de types qui sont désignés par la tangente de l'angle sous lequel se fait le croisement : on emploie généralement les tangentes de 9, 11 et 13 centimètres. Sur certains réseaux, les croisements sont désignés par le double sinus de la moitié de l'angle sous lequel se fait le croisement ; on emploie généralement les angles : $0^m,07$: $0^m,09$; $0^m,11$ et $0^m,13$.

Pour guider les roues lorsqu'elles passent sur les croisements, on dispose, de part et d'autre, des contre-rails, ou *pattes-de-lièvre* en acier rivées ou fondues avec l'angle ou *cœur de croisement* qu'elles comprennent.

Tout changement de voie comporte un croisement situé à une distance de la pointe qui varie avec l'angle du croisement et avec la courbure de la voie branchée, l'autre voie étant droite ; exemple :

Angles	Distances	Rayons
0,09	$27^m,39$	$271^m,00$
0,11	23 ,66	176 ,00

Si les deux voies ont la même courbure, le branchement est dit symétrique, et l'on a, par exemple :

Angles	Distances	Rayons
0,13	$19^m,07$	$357^m,00$
0,16	15 ,85	157 ,00

Les jonctions ou liaisons sont formées de deux aiguilles réunies par une courbe de raccordement ; les *bretelles* se composent de deux liaisons en croix.

Les traversées obliques sont formées par la rencontre de deux voies se coupant obliquement à niveau : elles comportent quatre croisements, dont les pointes sont les quatre angles extérieurs

opposés par le sommet aux angles du losange commun aux deux voies ; en face de chaque croisement, le long du rail opposé, est placé un contre-rail destiné à guider le boudin de l'autre roue dans le sens où la première tendrait à suivre la patte-de-lièvre du croisement : il y a quatre contre-rails de ce genre. Enfin, dans les angles obtus intérieurs du losange sont placés, dans le même but, deux contre-rails en forme de V ouvert.

Traversées-jonctions. — Les traversées-jonctions sont des traversées obliques qui sont raccordées, au moyen de liaisons d'un rayon très réduit, avec les voies qu'elles traversent, et dans l'angle obtus que forme leur intersection. Elles sont doubles ou simples suivant que le raccordement s'effectue ou ne s'effectue pas de part et d'autre du point de croisement. Une traversée-jonction double comprend donc quatre aiguilles, qui sont manœuvrées d'un seul coup de levier.

Entre quatre voies parallèles, on est quelquefois amené à établir en bretelle deux grandes traversées-jonctions doubles qui donnent toutes les communications possibles d'une voie à l'autre. Dans ce cas, il y a vingt aiguilles, dont quatre changements normaux aux extrémités et seize changements raccourcis aux quatre points de croisement des traversées avec les voies parallèles.

Traversées rectangulaires. — Les traversées rectangulaires ou voies transversales sont usitées dans l'intérieur des gares, pour relier des voies entre elles par l'intermédiaire de plaques tournantes ; les voies transversales sont généralement sacrifiées aux voies dites principales, c'est-à-dire que l'on entaille les champignons des rails dont elles se composent, afin de laisser passage au boudin des roues des trains qui circulent dans un sens perpendiculaire, et qu'on surélève ces rails, afin de ne pas faire la même entaille aux rails des voies parcourues par les trains : une légère pente raccorde, de part et d'autre, les voies transversales au niveau ordinaire. Des contre-rails sont, en outre, placés le long des voies de circulation des trains.

Plaques tournantes. — Les plaques tournantes sont destinées à faire passer les véhicules d'une voie sur d'autres voies rayonnant comme elle au centre de la plaque ; elles se composent d'un plateau mobile sur un pivot central et soutenu à la circonférence par des galets qui roulent sur un chemin circulaire en fonte, fer ou acier ; l'ensemble repose dans une cuve cylindrique en fonte encastrée dans des fondations. Le plateau mobile est formé de quatre poutres en fer reliées entre elles et supportant les rails ; les intervalles sont remplis soit par des secteurs en bois, soit par des *quadrants* en fonte

ou en fer : le bois peut être brûlé pendant le stationnement des machines sur les plaques, mais le métal produit un bruit désagréable au passage des trains.

Lorsqu'il s'agit de voies convergentes aboutissant à une même plaque sous un angle quelconque, mais toujours de manière que leur axe passe par le centre de la plaque, on ne pose quelquefois qu'une voie sur la plaque ; c'est le cas le plus simple, mais il est peu usité, car l'une des voies aboutissant à la plaque se trouve nécessairement condamnée.

Les plaques sont placées le plus généralement à l'intersection des voies et des traversées rectangulaires ; elles portent, dans ce cas, deux voies à angle droit, de manière que ni la voie ni la traversée ne se trouvent jamais condamnées.

Toutefois, on fait des plaques à trois voies inclinées à 60°, soit dans le cas où une voie en coupe une autre sous cet angle de 60°, soit pour relier par une plaque une voie à deux autres entre les plaques desquelles ne se trouve pas la place nécessaire pour poser une troisième plaque sur la même traversée rectangulaire.

Le diamètre des plaques tournantes est habituellement le suivant :

	Wagons	Voitures
Nord	4m,20	4m,80
Est	4 ,50	4 ,50
Midi	4 ,20	{ 5 ,60 { 6 ,20
Ouest	4 ,50	5 ,50
État	4 ,50	4 ,50
Orléans	4 ,40	6 ,20
P.-L.-M	4 ,40	5 ,00

Pour diminuer les entre-voies, on peut jumeler les plaques voisines en réunissant leurs cuves et gagner ainsi 0m,15 à 0m,30.

On n'installe généralement pas de plaques sur les voies principales parcourues sans arrêt par des trains de vitesse, parce qu'il se produit toujours une certaine oscillation au passage des véhicules ; on n'en place guère sur ces voies que dans les gares où tous les trains s'arrêtent.

On peut encore citer, parmi les plaques tournantes, celles qui sont installées au point de convergence des voies desservant une remise à machines en forme de rotonde ; ces plaques, dont le diamètre est généralement de 12, à 17 mètres et s'élève depuis quelque temps à 20 mètres et 23 mètres, sont habituellement manœuvrées par une petite machine à vapeur.

Ponts tournants. — On appelle ainsi des appareils de tournage analogues aux plaques : ils ne comportent qu'une seule rangée de

rails et leur surface ne couvre pas toute la fosse dans laquelle ils sont installés ; ils servent à tourner bout pour bout les machines avec leur tender. Les fondations et la cuve sont en maçonnerie : le pont est composé d'une double poutre en tôle portant les rails ; la rotation s'obtient soit directement à bras d'homme ou par une série d'engrenages, soit encore par l'emploi d'un moteur à vapeur.

Chariots roulants. — Les chariots roulants permettent de faire passer un véhicule d'une voie sur une autre voie qui lui est parallèle ; leur destination est la même que celle des plaques, mais ils ont l'avantage d'être d'un emploi plus économique : un seul chariot suffit là où il faudrait placer autant de plaques qu'il y a de voies à relier entre elles. Les chariots roulants avec fosse ont l'inconvénient d'interdire la simultanéité des manœuvres qui doivent être suspendues entre toutes les voies vis-à-vis desquelles le chariot ne se trouve pas. Aussi remplace-t-on les chariots avec fosse par des chariots sans fosse, qui permettent de ne pas interrompre la continuité des voies et qui suppriment même toute coupure des rails par l'emploi de chemins de roulement dont le plan est un peu supérieur à celui des voies.

Les chariots dits *transbordeurs* circulent sur des rails placés à côté de la traversée, et ils portent un cabestan et des poulies de renvoi permettant de remorquer les wagons, de les transporter d'une voie sur une autre et, au besoin, de les faire tourner sur les plaques.

On applique la vapeur et l'électricité à la manœuvre des chariots roulants comme à celle des ponts tournants et des plaques.

Ponts à bascule. — Les ponts à bascule sont employés au pesage des wagons ; la plaque qui porte les rails dans le prolongement de ceux de la voie est supportée par un mécanisme de bascule ordinaire reposant sur des fondations solides.

Gabarits. — Ces appareils, généralement situés à la sortie des halles à marchandises, sont destinés à indiquer si les wagons chargés sont dans les conditions requises pour circuler et passer sous les ouvrages d'art.

Le gabarit se compose d'une tringle ayant la forme du contour adopté comme limite, forme qui est assez variable suivant les Compagnies ; cette tringle est suspendue à un bâti en bois ou en fer, de manière à lui laisser la faculté d'osciller si elle est accrochée par le véhicule à contrôler. Sur certains réseaux, une sonnette est fixée à la tringle, et son tintement indique que le wagon examiné ne passe pas librement.

Taquets d'arrêt. — Les taquets d'arrêt sont destinés à empêcher les wagons garés de se mettre en mouvement sous l'influence du vent ou de la pente.

Le taquet d'arrêt le plus élémentaire est une cale en bois qui se rabat sur le rail ; mais il a l'inconvénient de pouvoir être franchi par un wagon lancé avec une certaine vitesse et d'occasionner ainsi le déraillement de ce wagon. On a, dans quelques Compagnies, remplacé la cale en bois par des cales en tôle et cornières placées dans les mêmes conditions sur chacun des rails et maintenues dans leur position d'arrêt par une entretoise.

Le taquet le plus usité est formé d'un morceau de rail transversal qui arrête les boudins des roues lorsqu'il est relevé et épaulé contre des pièces de bois fixes. Il peut se rabattre dans la largeur de la voie, entre les rails, pour laisser le passage libre.

Il existe en Angleterre des buttoirs mobiles qui, lorsqu'ils sont heurtés par les roues d'un véhicule, déroulent une chaine très lourde ou entraînent un contrepoids suffisant pour neutraliser presque instantanément la vitesse acquise du véhicule.

Heurtoirs. — Pour terminer les voies et empêcher les wagons de dépasser leur extrémité, on se contente souvent de recourber les rails à cette extrémité. Lorsque l'on dispose d'une place suffisante, on installe à l'extrémité une pyramide en terre, contre laquelle est épaulée une charpente destinée à arrêter les wagons ; c'est ce que l'on appelle le *heurtoir économique*.

Lorsque la place manque, et aussi dans un but d'élégance, on compose le heurtoir avec une charpente solide, reliée par des tirants en fer à une charpente horizontale placée au-dessous du sol.

On construit aussi des heurtoirs hydrauliques.

Fosses à piquer. — Des fosses de $0^m,85$ de profondeur et d'une longueur variable sont ménagées entre les rails de certaines voies, dans les gares, à proximité des prises d'eau, pour permettre aux mécaniciens de piquer le feu, de vider le cendrier de leur machine et de la visiter en dessous : un escalier permet de descendre au fond de ces fosses, qui sont pavées ou maçonnées et dont le sol est bombé pour faciliter l'écoulement de l'eau. Ces fosses sont éclairées pendant la nuit, afin d'éviter que les agents ne s'y laissent tomber.

CHAPITRE VIII

BATIMENTS

Les matériaux employés pour la construction des bâtiments des gares et stations et des maisons de garde varient nécessairement selon la contrée traversée par une ligne de chemin de fer. On n'emploie le bois qu'à titre provisoire, ou dans le cas de servitudes militaires.

Bâtiments de voyageurs. — Les bâtiments des haltes ne sont, le plus souvent, qu'une simple maison de garde installée au passage à niveau qui dessert la halte : on y adosse une salle d'attente pour les voyageurs.

A mesure que s'accroit l'importance, les dispositions se compliquent.

Deux points sont à considérer : la disposition générale adoptée pour le bâtiment et la distribution intérieure qui doit être en harmonie avec les nécessités du service de l'exploitation (Voir ce chapitre).

La disposition générale dépend de la nécessité où se trouve la Compagnie de donner un logement au chef et à d'autres agents de la gare. Dans le cas où le chef seul est logé, on adopte le plus souvent la forme symétrique pour le bâtiment : un pavillon central avec un ou deux étages, et des ailes qui ne comportent qu'un rez-de-chaussée. Dans certaines stations de banlieue, on a adopté la forme dite en *marteau* ; le pavillon avec logement est à une extrémité et le rez-de-chaussée se prolonge d'un seul côté de ce pavillon. Cette disposition est peu élégante, mais elle est économique et se prête facilement à des agrandissements ultérieurs, sans que la symétrie oblige à prolonger également les deux ailes.

Si l'on veut loger d'autres agents que le chef de gare, ou bien donner au buffet des dépendances qui, par exemple, permettent de le transformer en hôtel, on peut, comme on l'a fait en maint endroit sur la gne du Nord, installer deux pavillons avec logements aux ailes, séparés par un corps de bâtiment en rez-de-chaussée, au milieu duquel le vestibule forme un pavillon central en saillie. Cette disposition a l'inconvénient de rendre difficiles les agrandissements ultérieurs, à moins que l'on ne remanie complètement le bâtiment.

Aux abords du bâtiment de voyageurs doit se trouver une cour suffisante pour le stationnement des voitures ; dans les grandes gares et dans les gares *terminus* on dispose un bâtiment du côté de l'arrivée et un autre du côté des départs.

Dans les gares importantes, on couvre souvent les voies principales vis-à-vis le bâtiment de voyageurs. Dans les gares moins importantes,

on peut se contenter de couvrir les passages aboutissant à des quais munis eux-mêmes de marquises ou de portiques clos en partie sur les côtés.

Ces portiques ont 3 mètres ou $3^m,50$ de hauteur.

Lorsque l'auvent de ces portiques s'avance en encorbellement au-dessus de la voie, sa hauteur libre doit être de plus de $4^m,50$ à partir de $1^m,35$ du bord extérieur du rail.

Quais de voyageurs. — En Angleterre, en Hollande, etc., les quais sont établis presque à la hauteur du plancher intérieur des voitures à voyageurs ; ils ont $0^m,90$ de hauteur au-dessus du niveau des rails. La hauteur généralement adoptée aujourd'hui, en France, est de $0^m,35$ ($0^m,25$ sur la ligne d'Orléans). Les quais hauts sont très commodes pour les voyageurs ; mais ils ont l'inconvénient de rendre difficile la communication entre les deux côtés des voies ; ils viennent cependant d'être établis dans certaines gares de France, notamment sur celles des chemins de fer de ceinture de Paris et à la gare du quai d'Orsay.

Les quais sont généralement bitumés ou formés de dalles en béton de $0^m,10$ d'épaisseur ; parfois, les parties de quai qui dépassent le bâtiment principal sont ensablées d'une couche de gravier de $0^m,10$. La bordure du côté des voies est construite en pierres de taille de $0^m,40$ de largeur ; elle est quelquefois protégée par une garniture métallique. La distance de la bordure à l'axe du rail le plus proche est de $0^m,85$. Les extrémités des quais se terminent en pente douce et se raccordent au niveau des accotements de la voie. La largeur des quais fréquentés ne doit pas être inférieure à 6 ou 8 mètres et même 10 mètres ; les quais intermédiaires doivent avoir 4 à 5 mètres ; mais on est souvent obligé de réduire cette largeur, faute de place, et même de bomber légèrement l'entre-voie en guise de quai.

Des passages d'un quai à l'autre sont ménagés pour les voyageurs et les brouettes chargées de bagages : ils se composent d'un plancher en bois interrompu au passage des rails et raccordé aux trottoirs, par une pente douce pour les brouettes et par des marches pour les voyageurs.

Dans les gares importantes et, en Angleterre, dans presque toutes les gares de passage à circulation intense, la communication entre les différentes plates-formes est établie au moyen de passerelles supérieures ou de couloirs souterrains.

Remises à voitures. — Le matériel roulant se détériorant assez rapidement à l'air, on élève, dans certaines gares, des hangars fermés abritant plusieurs voies parallèles desservies par un chariot roulant, et sur lesquelles sont garés les voitures et fourgons de réserve ; les portes de ces remises doivent avoir $4^m,80$ de hauteur sur $3^m,30$ à $3^m,40$ de largeur. Aujourd'hui, ces remises sont très restreintes relativement au nombre de voitures et les Compagnies ne mettent guère à couvert

que les voitures de luxe, qui ne font pas un service permanent, et les salons appartenant à des particuliers, qu'elles ont en remisage.

Quais à rampes. — Ces quais sont destinés au chargement et au déchargement des chevaux, bestiaux, chaises de poste et autres véhicules, dans des wagons, par bout et de côté. La rampe d'accès présente généralement une inclinaison de $0^m,10$ par mètre et est pavée ou empierrée. La partie horizontale est presque toujours pavée, et la bordure est faite en bois ou en pierre de taille de $0^m,35$ sur $0^m,15$. La paroi verticale, qui est distante de $0^m,85$ du rail, est faite en maçonnerie et présente dans sa fondation un empâtement sur lequel repose le ballast. La hauteur du quai au-dessus des rails est de $0^m,90$; quant aux pans coupés par où se font les chargements par bout, on ménage dans la maçonnerie de véritables heurtoirs, contre lesquels viennent butter les tampons des wagons.

Quais de marchandises. — Les quais de chargement des marchandises ont généralement une hauteur de $0^m,90$ à 1 mètre au-dessus des rails ; les camions abordent l'une des faces pour déposer ou prendre les colis ; sur la voie qui longe l'autre face s'effectuent le chargement et le déchargement des wagons. On donne aux quais une largeur de 10 à 15 mètres, et quelquefois de 20 mètres pour augmenter la surface de dépôt. Quand les quais doivent servir aux visites de la douane, on porte souvent leur largeur jusqu'à 25 et 30 mètres, et on partage la surface en deux par une cloison longitudinale : la partie contiguë à la voie est affectée à la visite de la douane, et l'autre sert de magasin libre et de dépôt pour les colis visités.

Si les quais sont destinés à servir au transbordement des marchandises devant passer d'un wagon à un autre, on réduit leur largeur ; les voies reliées par des plaques forment des quadrilatères, au milieu desquels se trouvent des quais de 5 à 7 mètres de largeur et de 40 à 50 mètres de longueur au plus.

Les quais découverts sont pavés : pour les quais couverts, on emploie le bois, le bitume ou le ciment.

Halles à marchandises. — Les quais sont quelquefois couverts d'un simple abri ouvert sur les côtés. Le plus souvent, ils sont fermés de toutes parts et constituent de véritables halles. Le comble est alors installé de manière à éviter l'emploi de supports intermédiaires qui gêneraient la circulation. La voie qui dessert le quai est presque toujours comprise dans l'enceinte fermée de la halle, tandis qu'il est rare que la voie charretière, servant d'accès aux camions, ne soit pas à l'extérieur ; le mur repose sur le quai prolongé à l'extérieur et est percé de grandes baies cintrées fermées par des portes roulantes en bois et livrant passage aux colis. Les pignons, en maçonnerie pleine, sont

percés de grandes fenêtres demi-circulaires, et les ouvertures ménagées pour le passage des wagons sont fermées par des portes roulantes ou à vantaux pivotants.

A l'une des extrémités, à l'extérieur de la halle et au niveau du quai, sont les bureaux et le couloir d'accès pour le public ; cette disposition est préférable, au point de vue de la clarté des bureaux, à celle qui consiste à les installer dans les cages situées sur le quai à l'intérieur de la halle.

Dépôts de machines. — Les remises de locomotives appartiennent à trois types distincts : les rotondes, les remises annulaires et les remises rectangulaires.

Dans les rotondes et les remises annulaires, toutes les voies convergent au centre de la construction, où se trouve une plaque tournante qui les dessert.

Dans les remises rectangulaires, les voies sont toutes parallèles et reliées soit par des aiguilles, soit par un chariot roulant. Les remises rectangulaires, qui se prêtent à une bonne utilisation de la surface, sont préférables aux rotondes lorsqu'elles ont peu de profondeur et qu'il n'y a pas plus de trois machines sur une même voie : au-dessus de ce nombre, le défaut de moyens de dégagement est un obstacle sérieux.

On compte $4^{m},50$ de largeur par machine, la longueur varie suivant le type ; des hottes placées au-dessus des cheminées des locomotives sont nécessaires pour la ventilation. La couverture doit se faire en tuiles ou en ardoises ; le zinc doit être proscrit, à cause de l'action nuisible des fumées sulfureuses. Sous chaque machine est disposée une fosse à piquer le feu.

Quais à combustible. — Ces quais sont étroits (10 mètres à la Compagnie P.-L.-M.), bâtis quelquefois sur estacade et installés entre les voies sortant de la remise : le dessous du plancher sert de magasin. Les briquettes et la houille y sont entassées dans des paniers faciles à déverser dans le tender. La manutention du combustible à l'aide de paniers commence à être remplacée par des dispositifs mécaniques à l'aide desquels le combustible est amené dans des trémies d'où il tombe directement dans les tenders.

Réservoirs de sable. — Les mécaniciens doivent toujours avoir une provision de sable destiné à augmenter l'adhérence lorsque les roues de la machine patinent. Ce sable, très fin, est séché dans des étuves, on le conserve dans des réservoirs spéciaux, d'où une trappe permet de le verser dans une boîte appelée sablière placée sur la locomotive.

Alimentation d'eau[1]. — La distance qui sépare les points où l'on doit installer des réservoirs d'eau pour l'alimentation des machines peut, pour certaines machines, atteindre et dépasser 100 kilomètres; en pratique, cette distance varie entre 25 et 30 kilomètres pour les chemins à pente moyenne et entre 16 et 20 kilomètres pour les chemins à fortes déclivités. Les réservoirs, dont la capacité est très variable, se font généralement en tôle. La meilleure disposition est un cylindre dont le fond est un segment de sphère. L'épaisseur du corps cylindrique varie de 3 à 5 millimètres, celle du fond peut atteindre 6 millimètres. La cuve est fixée à une couronne en fonte supportée par une tour en maçonnerie de $0^m,40$ à $0^m,50$ d'épaisseur, à laquelle est souvent adossé le bâtiment de la machine d'alimentation. Les réservoirs sont généralement couverts et même entourés d'une enveloppe destinée à les protéger contre la gelée.

Le choix de l'eau est très important, à cause des incrustations qui se déposent sur le système tubulaire des machines; il faut proscrire absolument les eaux séléniteuses, modifier les eaux calcaires en les faisant barboter avec un lait de chaux, qui laisse déposer les sous-sels alcalins, et, dans tous les cas, ne pas employer des eaux contenant plus de 2 à 300 grammes de sels par mètre cube. Les conduites de distribution ont généralement de 135 à 160 millimètres de diamètre.

Deux systèmes d'épuration sont en présence. Le premier consiste à épurer les eaux avant leur introduction dans la chaudière, le second à introduire dans celle-ci des matières empêchant l'adhérence des dépôts ou facilitant leur décomposition ou leur transformation en matières boueuses non adhérentes et faciles à enlever; on peut classer dans cette catégorie les *désincrustants*, l'emploi de lames de zinc, etc. Le premier système est employé, sur une grande échelle, par la Compagnie du Nord et en essai sur les lignes de la plupart des autres Compagnies.

Les réservoirs sont habituellement placés à l'extrémité des quais de voyageurs, où les machines s'arrêtent pour prendre de l'eau. Il vaut mieux, pour ne pas gêner la vue, les remplacer par des grues hydrauliques, ou colonnes ascendantes en fonte, d'une hauteur de 3 mètres, ayant la forme d'une potence, ou, ce qui est préférable, munies d'une manche en cuir qui se rabat le long de la colonne, et que le mécanicien introduit dans le tender avant d'ouvrir le robinet.

Les grues ont l'inconvénient d'être sujettes à geler en hiver; on les enveloppe de paille pour atténuer cet inconvénient, et, dans les pays froids, on y adapte un poêle.

[1] Voir *Note sur l'écartement des alimentations sur les Chemins de fer*, par M. W. Nordling (*Annales des Mines*, 1864).

Alimentation en marche. — En Angleterre, on a imaginé d'alimenter les machines des trains express pendant leur marche; un tube recourbé dans le sens de la circulation descend du tender dans un canal placé entre les rails et, sous l'influence de la vitesse, l'eau s'élève jusque sur le tender; cette disposition exige une grande surveillance de la part du mécanicien et un canal d'une très grande longueur. Ce système tend à se généraliser en Angleterre et aux Etats-Unis; il vient d'être introduit en France. C'est grâce à ce système que, sur les chemins de fer de l'Etat, l'express de Paris-Bordeaux par Chartres, Niort et Saintes, franchit sans arrêt la distance de 238 kilomètres qui sépare Chartres de Thouars.

Ateliers. — En France, les Compagnies de chemins de fer ne construisent que par exception leur matériel roulant; elles s'adressent généralement à l'industrie privée et font seulement les travaux d'entretien.

Les matières premières sont reçues dans un bâtiment appelé économat ou magasin, où le rez-de-chaussée et les étages sont divisés en compartiments et en cases permettant de classer toutes les pièces, en attendant qu'il en soit fait usage.

Les ateliers proprement dits comportent des forges, fonderies, chaudronneries, ajustages, qui ne diffèrent en rien de ceux de l'industrie privée. L'atelier de montage des machines présente quelques dispositions spéciales; un chariot roulant central dessert deux séries de quatre files de rails perpendiculaires sur lesquelles sont installées les machines et les grues destinées à les enlever. Il faut compter sur une hauteur de 6 mètres et sur une largeur de 6 mètres par machine; chaque travée de part et d'autre du chariot doit avoir 18 à 20 mètres de profondeur.

Les autres ateliers d'entretien du matériel roulant, charronnage, serrurerie, peinture, garnissage, bâches, etc., rentrent à peu près dans les conditions ordinaires des ateliers de carrosserie. On trouve de sérieux avantages à les couvrir de toits à deux inclinaisons inégales, comme les ateliers de tissage; le pan le plus incliné, exposé au nord, est fermé par des châssis vitrés qui donnent le maximum d'éclairage.

Les voies de remisage sont desservies par des chariots roulants avec ou sans fosse.

CHAPITRE IX

DÉPENSES DE CONSTRUCTION

§ 1. — Dépenses générales.

Dépenses de l'infrastructure[1]. — Le prix de revient kilométrique de l'infrastructure est l'élément le plus variable du coût de la construction d'un chemin de fer, tant à cause des différences de relief que peut offrir la contrée traversée qu'à cause de la valeur des terrains, qui dépend évidemment de la richesse du pays; on ne peut donc donner que des limites extrêmes entre lesquelles peut osciller cette dépense.

Au point de vue des dépenses de construction, les chemins de fer peuvent être divisés en trois catégories :

Les chemins de construction facile, c'est-à-dire en pays plat, ne rencontrant que peu ou point de cours d'eau ou de voies de communication;

Les chemins de fer de difficulté ordinaire, c'est-à-dire ne comportant que des travaux d'art courants en nombre assez limité;

Les chemins difficiles, présentant des travaux exceptionnels : ponts, viaducs, tunnels, consolidations coûteuses, etc.

Double voie. — Dans les chemins à double voie classés comme étant d'une exécution facile, la dépense varie de 100 à 120.000 francs par kilomètre; dans cette dépense, les terrassements et ouvrages d'art entrent pour 70 0/0, le prix d'achat des terrains pour 20 0/0, les frais d'études et de personnel, 10 0/0.

Dans les chemins de difficulté ordinaire, la dépense de l'infrastructure varie entre 120 et 150.000 francs : les terrassements et ouvrages d'art coûtent 70 à 75 0/0; les terrains, 15 à 25 0/0, et les frais d'études, 5 à 10 0/0.

Enfin, dans les chemins à double voie réputés difficiles, la dépense

1 L'*infrastructure* comprend : l'acquisition des terrains; les terrassements; les ouvrages d'art; les maisons de gardes et de cantonniers; les passages à niveau, pavages, barrières.

La *superstructure* comprend : le ballast; les supports, traverses, rails; la pose de la voie; les clôtures de toute espèce (sauf exceptions justifiées); les constructions de toute nature se rattachant à l'exploitation; bâtiments de gares, ateliers, etc.; télégraphe, signaux, poteaux kilométriques. (Circulaire du 7 août 1877 relative aux dispositions intéressant les études et la construction des chemins de fer.)

peut s'élever au delà des limites ordinaires. Parmi les lignes récemment construites, il en est pour lesquelles cette dépense a été de 245, 325 et 360.000 francs par kilomètre : les terrassements et ouvrages d'art ont dépassé la proportion de 80 0/0. On conçoit que l'exécution d'un souterrain grève beaucoup la dépense kilométrique, et qu'il doit en être de même de l'acquisition des terrains aux abords des grandes villes.

Voie unique. — Pour les lignes à voie unique, la dépense kilométrique de l'infrastructure peut descendre jusqu'à 60.000 francs; les chemins d'Alsace n'ont même coûté que 47.000 francs; mais, lorsque les conditions exceptionnelles et favorables aux économies font défaut, la dépense se maintient entre 80 et 120.000 francs par kilomètre. Dans les lignes difficiles, elle peut atteindre 280.000 francs. Le prix d'achat des terrains est, en moyenne, de 20 0/0, parce que la plupart des lignes ont été construites de manière à permettre la pose ultérieure d'une deuxième voie, et qu'en outre, dans les nouvelles lignes d'intérêt local, on multiplie considérablement le nombre des stations.

Exemples. — Le tableau suivant, dressé par M. Sévène d'après de nombreux exemples de lignes actuellement construites, et reproduit par M. Humbert [1], donne une répartition détaillée des dépenses dont il vient d'être question.

DÉSIGNATION DES ARTICLES	CHEMINS FACILES		CHEMINS DE DIFFICULTÉ ORDINAIRE	
	à deux voies	à une voie	à deux voies	à une voie
	francs	francs	francs	francs
Frais généraux, personnel, études	8.500	8.000	10.000	9.500
Acquisition des terrains	18.000	16.000	18.000	16.000
Terrassements	40.000	30.000	60.000	48.000
Ouvrages d'art, y compris maisons de gardes et barrières.	25.000	19.000	40.000	30.000
Clôtures	2.400	2.400	2.400	2.400
TOTAUX	93.900	75.400	130.400	105.900
Soit en nombres ronds	95.000	75.000	130.000	105.000

1 *Traité complet des Chemins de fer*, t. Ier, p. 237 et suivantes; on y trouve les prix kilométriques de 56 lignes de chemins de fer de diverses catégories.

Dépenses de la superstructure. — *Voie normale.* — La dépense kilométrique de la superstructure est variable suivant les lieux et les années. Ainsi que le montrent les tableaux détaillés reproduits ci-après (p. 78 à 88), on compte pour chaque voie 30 à 40.000 francs par kilomètre, non compris le ballast, et 5 à 7.000 francs pour le ballast; il faut ajouter 1/5 à 2/5 pour tenir compte des voies de garages dans les stations, et 6.000 francs par kilomètre pour les appareils de la voie et les signaux.

Quant aux bâtiments des stations et autres dépendances, en mettant à part certaines stations de premier ordre, telles que les gares de tête à Paris, qui ont coûté plusieurs millions, on peut compter sur 11 à 1.200.000 francs pour une gare de première importance ou de bifurcation, sur 450 à 500.000 francs pour une gare de deuxième classe, 150 à 200.000 francs pour une station de troisième classe, et 80 à 100.000 francs pour une station de quatrième classe; ces chiffres comprennent le mobilier et le matériel d'exploitation.

La statistique de la dépense kilométrique a donné comme résultat, en mettant à part les grandes gares exceptionnelles, et en ne comptant que les stations de troisième et quatrième classes, 23.000 francs par kilomètre pour les lignes à double voie, 12.000 francs pour les lignes à voie unique; c'est plutôt d'après ces chiffres que l'on fait maintenant les évaluations, car il n'y a plus guère de grandes gares à construire sur les nouvelles lignes; tout au plus reste-t-il à agrandir les gares communes aux points d'embranchement.

Voie étroite. — Quant aux lignes à voie étroite, les dépenses de même nature peuvent être évaluées ainsi qu'il suit :

Voie et ballastage	25.000
Bâtiments, stations, ateliers	4 à 5.000
Télégraphe	400
Mobilier des gares	500
TOTAL par kilomètre	30 à 31.000

Résumé. — En résumé, on peut dire que la dépense kilométrique de la construction d'un chemin à double voie de moyenne difficulté s'élève à 200.000 francs, dont 2/3 pour l'infrastructure et 1/3 pour la superstructure; et, sur un chemin à voie unique, 150.000 francs par kilomètre, 3/5 pour l'infrastructure, 2/5 pour la superstructure.

Pour les lignes à voie de 1 mètre, on peut compter sur 55 à 60.000 francs, non compris le matériel roulant, l'outillage des dépôts et les intérêts à servir, pendant cette période, aux capitaux engagés dans l'affaire, ce qui peut élever le chiffre total à 75 ou 80.000 francs.

Amélioration des lignes existantes. — Certaines lignes construites économiquement en vue d'une exploitation restreinte sont

ensuite renforcées. Le chemin de fer de l'Etat, dit M. Bricka [1], a été formé, à sa création, par la réunion d'un certain nombre de lignes, dont une partie avait été construite à forfait, à raison de 100.000 francs par kilomètre, par des entrepreneurs qui y avaient trouvé un beau bénéfice. Toutes les lignes de cette catégorie ont été améliorées de manière à permettre un trafic plus intense et plus rapide, et les dépenses faites à cet effet, en dehors de l'entretien, n'ont été que de 15.000 à 35.000 francs par kilomètre.

§ 2. — Prix partiels.

Prix de la voie. — Le prix de revient de la voie dépend du cours des métaux qui la composent, et notamment du cours de l'acier, qui a varié, depuis quelques années, dans la proportion de 1 à 3. Dans les prix qui vont suivre, nous supposerons le fer à 180 francs la tonne et l'acier à 225 francs, cours moyens.

Fourniture, frais de magasin, transport et pose de voie Vignole :

Voie en fer, 37 kilogr. le mètre courant (ballast non compris).....	24f ,50
Voie en acier, 30 kilogr. — —	28 ,00
— 38 kilogr. — —	28 ,30
— 40 kilogr. — —	30 ,30
Contre-rails en fer — —	15 ,00
Ripage de la voie.....	0f ,50 le mètre courant
Dépose et repose de voies.....	1 ,50 —
Changement à deux voies (longueur 28m,50) avec voie de raccordement.....	2.300 fr.
Changement à deux voies (longueur 22m,30) avec voie de raccordement.....	2.000
Changement à deux voies (longueur 19m,30) avec voie de raccordement.....	1.900
Traversée-jonction double de 0m,13.....	4.000
— simple de 0m,13.....	3.200
— double de 0m,10.....	4.500
— simple de 0m,10.....	4.000
Traversée oblique de 0m,11, avec croisements de 9 et de 13 et voies de raccordement (*type normal*).....	2.900
Dépose et repose de changement à deux voies avec voie de raccordement.....	175
Fourniture et pose de changement à 3 voies.....	3.800

[1] *Cours de chemins de fer*, t. Ier, p. 21.

Devis d'une voie à double champignon en rails de 11 mètres pesant 38 kilogrammes le mètre courant.

2 rails en acier de 11 mètres de longueur, pesant 38 kilogrammes le mètre courant, soit $2 \times 11 \times 38 = 836$ kilogrammes d'acier à 0 fr. 200 le kilogramme	167 f,20
14 traverses en chêne à 5 francs l'une	70 ,00
28 coussinets en fonte pesant 10 kilogrammes chacun, soit 280 kilogrammes de fonte à 0 fr. 12 le kilogramme	33 ,60
2 paires d'éclisses pesant 9kg,500 la paire, soit 19 kilogrammes de fer ou d'acier à 0 fr. 20 le kilogramme	3 ,80
8 boulons d'éclisses pesant 0kg,7 chacun, soit 5kg,6 de fer à 0 fr. 30 le kilogramme	1 ,68
56 tire-fond goudronnés en acier, pesant 0kg,350 chacun, soit 19kg,6 d'acier à 0 fr. 40 le kilogramme	7 ,84
28 coins en chêne à 80 francs le mille	2 ,24
Total pour la fourniture du matériel entrant dans la composition d'une travée de 11 mètres	286 f,36
Soit par mètre courant $\frac{286,36}{11}$ ou	26 ,03
Il y a lieu d'ajouter pour transport, sabotage, pose de la voie et frais divers	5 ,00
TOTAL	31 ,03
2m3,10 de ballast à 3 fr. 50 le mètre	7 ,35
Le prix du mètre courant de voie ballastée est de	38 ,38
On peut donc compter, par kilomètre de voie à double champignon, non compris le ballastage	31.000 ,00
Y compris le ballastage	38.400 ,00

Ce devis s'applique au système de pose adopté par la Compagnie d'Orléans sur ses lignes parcourues par des trains rapides.

Devis d'une voie Vignole en rails de 12 mètres pesant 38 kilogrammes le mètre courant.

2 rails en acier de 12 mètres de longueur, pesant 38 kilogrammes le mètre courant, soit $2 \times 12 \times 38 = 912$ kilogrammes d'acier à 0 fr. 200 le kilogramme	182 ,40
14 traverses en chêne à 5 francs l'une	70 ,00
2 paires d'éclisses pesant 9kg,500 la paire, soit 19 kilogrammes de fer ou d'acier à 0 fr. 20 le kilogramme	3 ,80
8 boulons d'éclisses pesant 0kg,7 chacun, soit 5kg,6 de fer à 0 fr. 30 le kilogramme	1 ,68
A reporter	257 f,88

Report.....	257 f,88
56 tire-fond goudronnés en acier, pesant 0kg,350 chacun, soit 19kg,6 d'acier à 0 fr. 40 le kilogramme.....	7 ,84
14 selles en acier pesant 2kg,4 chacune, soit 33kg,6 d'acier à 0 fr. 25 le kilogramme	8 ,40
Total pour la fourniture du matériel entrant dans la composition d'une travée de 12 mètres.....	274 ,12
Soit par mètre courant $\frac{274,12}{12}$ ou	22 ,84
Ajoutant pour transport, sabotage, pose et divers.....	5 ,00
On trouve, pour le prix de la voie, sans ballast.....	27 ,84
Si on ajoute maintenant le ballast, en lui supposant le même cube que dans la voie à coussinets, soit.....	7 ,35
On a pour la voie ballastée	35 ,19
On peut donc compter, pour 1 kilomètre de voie Vignole, non compris le ballastage.....	28.000 ,00
Y compris le ballastage.....	35.200 ,00

Ce devis s'applique à un système de pose en usage depuis quelques années sur les chemins de fer P.-L.-M. ; il est cité, ainsi que le précédent, dans le *Traité des chemins de fer* de G. Humbert [1].

Voies lourdes. — Les tableaux suivants concernent des voies plus lourdes que les deux précédentes et sont empruntés au *Cours de chemins de fer* de M. Bricka [2]; ils sont établis d'après les prix unitaires moyens ci-après :

Traverses en bois.....	5f,00	la pièce
Rails.....	170 ,00	la tonne
Eclisses.....	210 ,00	—
Boulons d'éclisses.....	400 ,00	—
Coussinets	135 ,00	—
Tire-fond.....	425 ,00	—
Coins en bois.....	0 ,09	la pièce
Coins métalliques.....	0 ,38	—

[1] T. Ier, p. 312 et 313.

[2] T Ier, p. 378 et suivantes ; ce cours fait partie de l'*Encyclopedie Lechalas*

Devis d'une voie à double champignon avec rails de 12 mètres pesant 44 kilogrammes le mètre courant. (Chemins de fer de l'Ouest.)

DÉSIGNATION DES PIÈCES	POSE AVEC 18 TRAVERSES				
	Poids de l'unité	Prix de la pièce ou du kilogramme	Nombre de pièces	Poids total	Produits
	kilogr.	francs		kilogr.	francs
Traverses	»	5,00	18	»	90,00
Rails (par mètre)	44,000	0,17	24	1.056,000	179,52
Paires d'éclisses	17,000	0,21	2	34,000	7,14
Boulons d'éclisses de 25 millimètres	0,720	0,40	8	5,760	2,30
Coussinets en fonte	15,900	0,135	36	572,400	77,27
Tire-fond de 0m,140	0,370	0,425	108	39,960	16,98
Coins métalliques	»	0,38	36	»	13,68
Soit pour 12 mètres					386,89
Soit par mètre courant de voie					32,24

Au chemin de fer de l'État, le mètre courant de voie à double champignon avec rails de 40 kilogrammes revient à 25 fr. 89 ;

Au chemin de fer d'Orléans, avec rails de 42 kilogrammes, il revient à 29 fr. 23 ;

Au chemin de fer du Midi, avec rails de 37kg,600, il revient à 25 fr. 71.

Devis d'une voie Vignole avec rails de 12 mètres pesant 47kg,250 le mètre courant. (Chemins de fer P.-L.-M.)

DÉSIGNATION DES PIÈCES	POSE AVEC 16 TRAVERSES				
	Poids de l'unité	Prix de la pièce ou du kilogramme	Nombre de pièces	Poids total	Produits
	kilogr.	francs		kilogr.	francs
Traverses en bois	»	5,00	16	»	80,00
Rails (par mètre)	47,250	0,17	24	1.134,000	192,78
Paires d'éclisses cornières	35,060	0,21	2	70,120	14,73
Flasque d'arrêt	»	0,60	4	»	2,40
Boulons d'éclisses	0,760	0,40	14	10,640	4,26
Rondelles Grover pour boulons d'éclisses	»	0,056	14	»	0,78
Selles à talon P. M.	3,000	0,185	32	96,000	17,76
Tire-fond sur les traverses de contre-joint	0,420	0,425	16	6,720	2,86
Tire-fond sur les traverses intermédiaires	0,400	0,425	112	44,800	19,04
				Soit pour 12 mètres	334,61
				Soit par mètre courant de voie	27,88

Au chemin de fer du Nord, le mètre courant de voie Vignole, avec rails de 43 kilogrammes, revient à 23 fr. 08 ;

Au chemin de fer de l'Est, avec rails de 44 kilogrammes, il revient à 25 fr. 90.

Chemins de fer économiques. — Pour les chemins de fer économiques, si on adopte les prix unitaires moyens ci-après :

Traverses en bois	3f,00 la pièce
Rails	190 ,00 la tonne
Eclisses	210 ,00 —
Boulons d'éclisses	425 ,00 —
Tire-fond	450 ,00 —
Coussinets	150 ,00 —
Coins en bois	0 ,09 la pièce

Les prix du mètre courant de voie sont les suivants, d'après M. Bricka :

Société générale des Chemins de fer économiques.

Voie Vignole avec rails de 25 kilogrammes pour voie normale (1m,44), le mètre courant..... 14 fr. 28
Voie Vignole avec rails de 20 kilogrammes pour voie de 1 mètre, le mètre courant..... 12 fr. 62

Compagnie des Chemins de fer départementaux; Corse.

Voie à double champignon avec rails de 22 kilogrammes pour voie de 1 mètre, le mètre courant..... 16 fr. 98

Compagnie française des Chemins de fer à voie étroite; tramways de Loir-et-Cher.

Voie Vignole avec rails de 15 kilogrammes pour voie de 1 mètre, le mètre courant..... 10 fr. 08

Prix d'appareils divers. — Les prix suivants sont tout à fait approximatifs et varient nécessairement suivant les époques et suivant les localités :

	francs
Fourniture et pose d'une plaque de 3m,40	1.550
— plaque de 4m,20	2.650
— — à 3 voies	2.935
— plaque de 4m,80	3.250
Dépose et repose d'une plaque de 4m,20	100
Pont tournant de 12 mètres, y compris les fondations	9.000
— 14 mètres, — —	15.000
Fourniture et pose d'un heurtoir économique	100
— taquet d'arrêt	100
— grue hydraulique	1.000
Fourniture et pose d'un réservoir 75 mètres cubes, y compris le support.	6.500
Fourniture et pose d'un réservoir 20 mètres cubes, y compris le support.	2.500
Fourniture et pose d'une borne-fontaine avec accessoires	150
Fourniture et pose d'un pont à bascule de 15 tonnes :	
Appareils et pose	1.500
Fondations	800
Fourniture et pose d'un gabarit de chargement	100
Prix d'achat de :	
Treuil roulant (10T) 8 mètres de portée	4.500
Treuil roulant (10T) 12 mètres de portée	5.600
Treuil roulant à vapeur 15T (Bon et Lustremant)	23.700
— — 20T —	29.000
Grue à pivot et à plateau 4T	3.400
— — 10T	6.400

	francs
Grue roulante et pivotante (Rolin), 6T	7.000
— — à vapeur (Cbrétien), 1T,5	12.000
Chariot transbordeur à vapeur (*Voie non comprise*)	15.400
Chariot tubulaire, mû à bras, pour wagons	10.000
Prix du chemin de roulement pour chariot, le mètre courant : entre-voie	75
Prix du chemin de roulement pour chariot, le mètre courant : traversée	175
Grue Nepveu, sous halle	2.000
Pont à bascule de 30T, y compris fondation	2.800
Bascule à cadran, à fleur du sol, y compris la pose	750
Comptoirs à bagages, le mètre courant	75
Bascule romaine de 500 kilogrammes	110
— 2.000 kilogrammes	260
Disque à distance, y compris levier, transmission, sonnerie et pile	1.400
Indicateur de direction	250
Indicateur d'aiguilles	150
Transmissions rigides pour aiguilles, le mètre courant	10 à 12

Prix des bâtiments de gares, stations, cabinets et abris. — Les prix moyens des bâtiments affectés au service de l'exploitation, des cabinets et des abris peuvent être évalués de la manière suivante :

Abri isolé ou annexé à une maison de garde (type le plus réduit), de	1.500 à 2.000 fr.
Bâtiment des voyageurs de dernière classe, avec un étage et quatre ouvertures sur chacune des deux façades, de.	15.000 à 18.000 fr.
Bâtiment des voyageurs de dernière classe, avec un étage et six ouvertures sur chacune des deux façades, de..	20.000 à 25.000 fr.
Même bâtiment plus vaste, de	30.000 à 40.000 fr.
Bâtiment pour station plus importante avec salles d'attente des trois classes, bureau spécial pour le télégraphe et bureau du sous-chef de gare, de	40.000 à 50.000 fr.
Cabinets d'aisances à une seule place, de	250 à 300 fr.
Cabinets d'aisances à deux places avec urinoir extérieur et lampisterie, de	2.500 à 3.000 fr.
Cabinets d'aisances pour stations plus importantes (hommes et dames séparés), urinoirs à l'intérieur, de.	8.000 à 10.000 fr.
Abri simple sur trottoir, de	2.500 à 3.000 fr.
Abri avec cabinets d'aisances, de	4.000 à 5.000 fr.
Marquises sur trottoirs, le mètre carré, de	30 à 40 fr.
Halles couvertes de 15 à 50 mètres de portée, le mètre carré, de	35 à 60 fr.
Halles à marchandises, le mètre carré de surface couverte, de	50 à 70 fr.
Halles à marchandises, le mètre carré de surface utile, de.	50 à 120 fr.

Magasins à bestiaux	300 fr.
Maison de garde	3.100 fr.
Lampisterie, bouillotterie et corps de garde	8.000 fr.
Quais de voyageurs, le mètre courant	12 fr.
Quai à bestiaux de 20 mètres de côté avec chargement par bout et par côté	2.800 fr.

Prix des passages à niveau. — Les prix des diverses paires de barrières, y compris la pose, la peinture, etc., mais non compris le transport, sont approximativement les suivants :

1° *Barrières pivotantes.*

Paire de barrières pivotantes de 4 mètres avec portillons	380 fr.
Paire de barrières pivotantes de 5 mètres avec portillons	400 fr.
Paire de barrières pivotantes de 6 mètres à deux vantaux et avec portillons	500 fr.
Paire de barrières pivotantes de 8 mètres à deux vantaux et avec portillons	540 fr.

2° *Barrières roulantes.*

Paire de barrières roulantes de $4^{m},50$ avec portillons	700 fr.
Paire de barrières roulantes de $5^{m},25$ avec portillons	740 fr.
Paire de barrières roulantes de 8 mètres avec portillons	900 fr.

3° *Barrières à contrepoids manœuvrées à distance.*

Paire de barrières à bascule avec une transmission de 800 mètres	1.300 fr.

Le prix d'une maison de garde est en moyenne de 5.000 à 6.000 francs.

Un puits de 6 mètres de profondeur et de $0^{m},80$ de diamètre intérieur coûte environ 300 francs.

Les cabinets d'aisances d'un passage à niveau coûtent de 200 à 250 francs, suivant qu'ils sont avec ou sans fosse.

Les dépenses accessoires d'un passage à niveau (buses, aqueducs, etc.) s'élèvent à 150 ou 200 francs.

Prix des bâtiments pour la traction. — Les prix moyens des bâtiments affectés au service de la traction peuvent être évalués de la manière suivante :

Remises à machines ordinaires, 10.000 francs par machine.

Rotonde avec dôme central, type P.-L.-M., pour 54 machines (y compris les aménagements intérieurs), 700.000 francs, soit 13.000 francs par machine.

Rotonde avec cloche, type Est, pour 32 machines (non compris les aménagements intérieurs), 275.000 francs, soit 8.600 francs par machine.

On peut adopter aussi l'évaluation suivante donnée sous une autre forme :

Dépenses de construction des ateliers et dépôts, le mètre carré...	80 fr.
Remises de voitures, le mètre carré.....	40 fr.
Fosse à piquer le feu, le mètre courant.....	70 fr.
Quai à coke, le mètre carré.....	20 fr.
Urinoirs, la stalle.....	75 fr.

§ 3. — Dépenses totales.

Quelques exemples de lignes à voie normale et facile. — Dans les discussions relatives au choix à faire entre la voie normale et la voie étroite, on cite volontiers, comme ayant été construits économiquement, les chemins de fer de la Hongrie et ceux de l'Alsace ; voici, d'après M. Baum [1], les prix de revient détaillés de quelques-uns de ces chemins de fer :

Ligne de Valkany à Perjamos (*Hongrie*). — Longueur, 44 kilomètres ; poids des rails, 25^{kg},300 par mètre courant :

Frais généraux.....	3.610^{f},93
Acquisition des terrains.....	424 ,93
Terrassements et ouvrages d'art.....	5.601 ,57
Rails, traverses, voies de garage, pose des voies.....	39.348 ,10
Ballastage.....	3.300 ,22
Bâtiments, stations, maisons de gardes, télégraphe, alimentation d'eau.....	8.770 ,35
Mobilier des gares.....	280 ,33
Matériel roulant (3 locomotives).....	2.940 ,32
TOTAL.....	63.276^{f},75

Ce prix est exceptionnellement bas parce que les terrains ont été cédés gratuitement à la Société autrichienne impériale et royale des chemins de fer de l'Etat, qui a construit la ligne, et aussi parce que cette ligne est établie dans un pays absolument plat où les travaux ont été très faciles. Enfin, les dépenses de matériel roulant pour les voitures et les wagons sont nulles, la ligne étant exploitée avec le matériel des lignes voisines.

Ligne de Strasbourg à Barr. Wasselonne et Mutzig. — Longueur, 49 kilomètres : rampe maxima, 0^{m}.0112 ; rayon minimum, 300 mètres ; les dépenses de construction se sont élevées à 117.300 francs par kilomètre, y compris le matériel roulant.

[1] *Etude sur les chemins de fer d'intérêt local* (*Annales des Ponts et Chaussées*, 5^{e} série, 8^{e} année, novembre 1878, p. 495).

Ligne de Haguenau à Niederbronn. — Longueur, 21 kilomètres ; terrains d'alluvion de faible valeur ayant donné du ballast sur toute la longueur ; prix, 90.700 francs le kilomètre.

Ligne de Sainte-Marie-aux-Mines. — Longueur, 21 kilomètres ; section facile dans le Bas-Rhin, un peu plus difficile dans le Haut-Rhin ; prix du kilomètre, 119.800 francs.

Voici le détail des prix qui viennent d'être indiqués pour ces trois lignes[1] :

DÉSIGNATION DES DÉPENSES	LIGNE de Barr et Mutzig	LIGNE de Niederbronn	LIGNE de Sainte-Marie
	francs	francs	francs
Acquisitions de terrains	19.900	11.500	20.800
Terrassement et ballast	23.000	12.400	20.100
Ouvrages d'art	4.100	3.550	6.800
Bâtiments des stations et haltes, quais, maisons de gardes, télégraphe, prises d'eau, ateliers et dépôts	16.900	12.900	16.200
Voie (rails Vignole de 35 kilog.), plaques, aiguilles	28.300	26.400	29.000
Matériel roulant	20.000	20.000	20.000
Frais généraux pendant la construction	3.100	2.400	4.600
Intérêt des capitaux avancés par la Compagnie de l'Est	2.000	2.000	2.300
DÉPENSE TOTALE PAR KILOMÈTRE	117.300	91.150	119.800

Exemples de lignes difficiles. — Pour les chemins de fer difficiles en général, on peut admettre, d'après M. Ruelle[2], que le minimum des dépenses de construction par kilomètre de ligne à voie normale,

[1] Cité par M. Baum, d'après une notice publiée par MM. Marx, Varroy et Jundt, dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, série 4, 1864, 2e semestre, p. 265.

[2] *Annales des Ponts et Chaussées*, 4e série, 1865, 1er semestre, p. 188 : *Mémoire sur les Chemins de fer franco-suisses.*

exécutée dans les pays accidentés et montagneux, n'est pas inférieur à 180.000 francs, se décomposant comme suit :

NATURE DES DÉPENSES	MONTANT
	francs
Administration et personnel de la construction, frais généraux..	6.000
Acquisition de terrains	16.000
Terrassements	50.000
Ouvrages d'art	25.000
Voie principale, voies de garage, ballast, matériel fixe	45.000
Bâtiments des stations, ateliers, remises, prises d'eau	15.000
Matériel roulant	15.000
Intérêt du capital pendant la construction	8.000
DÉPENSE TOTALE	180.000

TROISIÈME PARTIE

TRACTION

CHAPITRE X

RÉSISTANCE DES TRAINS

§ 1. — Indication des résistances.

Comparaison des moyens de transport. — L'économie caractéristique des chemins de fer réside, d'une part, dans la substitution de la voie de fer aux chaussées empierrées ou pavées, d'où résulte une diminution de résistance au roulement; d'autre part, de la substitution de la locomotive aux moteurs animés, ce qui permet une augmentation de puissance considérable.

Un cheval peut porter à dos un poids de 150 kilogrammes; sur une route, il peut, selon la vitesse, traîner 1.000, 1.500 et même 3.000 kilogrammes (exemple l'ancien omnibus de Port-Marly à Rueil-gare), suivant que le chemin est en mauvais, en médiocre ou en bon état, tandis que, sur une voie de fer, il peut traîner jusqu'à douze chariots chargés de 300 kilogrammes de charbon, soit en tout 5.000 kilogrammes (exemple pris dans l'exploitation des mines de Sheffield).

Sous une autre forme, on peut dire que, pour un véhicule isolé, suspendu sur ressorts, circulant par un temps calme, la résistance au roulement, par tonne de charge brute et pour des vitesses variant de 1 à 3 mètres par seconde, est :

1° Sur une bonne route pavée, de.....	15 à 30	kilogr. par tonne.
2° — empierrée, de..	30 à 45	—
3° Sur des rails de tramways, de.....	7 à 10	—
4° Sur des rails saillants, de.....	3 à 4	—

Résistances diverses à la traction. — Pour mettre un véhicule en mouvement sur une voie de fer, il faut vaincre un certain nombre de résistances variables, dont l'ensemble détermine quel doit être l'effort de traction.

Ces résistances sont les suivantes :

1° La résistance due au glissement de la fusée de l'essieu dans le coussinet de la boîte à graisse ;

2° La résistance due au roulement du bandage sur le rail ;

3° La résistance due à l'influence de l'air et du vent ;

4° La résistance due aux déclivités ;

5° La résistance due aux courbes ;

6° La résistance due aux obstacles accidentels.

§ 2. — Détermination des formules théoriques.

Frottement des fusées. — C'est un frottement de glissement ; il dépend de la nature et de l'état des deux corps en contact, ainsi que du mode de graissage ; d'après la loi de Coulomb, il est proportionnel à la pression qui le produit.

Soient : P, le poids total du wagon ; p, celui de ses essieux montés ; f, le coefficient de frottement, c'est-à-dire le rapport constant entre le frottement et la pression. On a $P - p$, pression qui produit le frottement, et la valeur du frottement est $f(P - p)$.

Soient R le rayon de la roue, et r le rayon de la fusée ; pendant un tour de roue, le travail du frottement sera $2\pi r f(P - p)$. A chaque tour de roue, le wagon parcourt une distance égale à $2\pi R$, de sorte que le travail de frottement rapporté à l'unité de parcours est :

$$\frac{2\pi r f(P - p)}{2\pi R} \qquad \text{ou} \qquad f(P - p)\,\frac{r}{R}.$$

Frottement des roues sur les rails. — C'est un frottement de roulement ; il est proportionnel à la pression, inversement proportionnel au rayon de la roue et agit tangentiellement à cette dernière.

Soit f' le coefficient de ce frottement, c'est-à-dire le frottement d'une roue de 1 mètre de rayon sous une pression égale à l'unité ; la pression qui produit le frottement est égale à P ; le parcours du point d'application est le même que le parcours du wagon ; le travail rapporté à l'unité de parcours du wagon est :

$$f'\,\frac{P}{R}.$$

Résistance de l'air. — On admet que la résistance opposée par l'air est proportionnelle au carré de la vitesse et à la projection de la surface de ce corps sur un plan perpendiculaire à la direction du mouvement.

Soient S la surface de résistance du wagon ; V, la vitesse ; et K, un coefficient constant, le travail de cette résistance est :

$$KSV^2.$$

Total des résistances en alignement droit et en palier. — Si un wagon parcourt une voie droite et sans déclivités, le travail total à produire pour remorquer le vagon est exprimé par la formule suivante :

$$f(P - p)\frac{r}{R} + f'\frac{P}{R} + KSV^2.$$

Résistance due aux déclivités. — Lorsqu'un wagon est mis en mouvement sur une voie qui fait avec l'horizontale un angle a, le poids P du wagon se décompose en deux forces dont l'une P sin a est parallèle à la direction du mouvement, et l'autre P cos a est perpendiculaire à cette direction. Mais, sur les chemins de fer, l'angle a est assez petit pour que son cosinus puisse être, sans erreur sensible, considéré comme égal à l'unité ; la force P cos a se confondra donc avec P, et le surcroît de résistance dû à l'inclinaison sera simplement égal à P sin a. Cette expression peut elle-même être remplacée par P tang a à cause de la petitesse de l'angle a qui permet de confondre la longueur réelle du tracé avec sa projection horizontale. Or tang a n'est autre que la pente par mètre ; si nous l'appelons i, la résistance due à la déclivité est :

$$Pi.$$

Cette expression représente également la valeur du travail de cette résistance pendant l'unité de parcours du vagon.

Résistance due aux courbes. — Elle se compose de trois parties : l'une produite par la solidarité des roues ; la seconde résulte du parallélisme des essieux ; la troisième est due à la force centrifuge. On néglige généralement celle-ci, parce qu'on la suppose annulée par le surhaussement du rail extérieur.

La *solidarité des roues* produit un frottement dans les courbes ; en effet, la roue qui roule sur la file extérieure des rails parcourt un plus grand chemin que celle qui roule sur la file intérieure ; comme elles tournent ensemble et qu'elles ont le même diamètre, il faut nécessairement qu'elles glissent l'une ou l'autre ou toutes les deux ensemble sur les rails pour racheter la différence de parcours. Soit $\mathcal{R}$ le rayon de la courbe mesuré sur l'axe de la voie, soit E l'écartement de celle-ci ; lorsque le wagon avance de 1 la roue extérieure parcourt un chemin égal à $1 + \frac{E}{2\mathcal{R}}$ et la roue intérieure $1 - \frac{E}{2\mathcal{R}}$. La différence entre ces deux parcours ou $\frac{E}{\mathcal{R}}$ représente le chemin parcouru par le frottement de glissement.

Pour simplifier, nous supposons que le glissement s'effectue sur un seul côté du wagon ; la pression exercée sur ce côté est alors $\frac{P}{2}$ et, si

nous appelons f' le coefficient du frottement, le travail de ce frottement sera :

$$f' \frac{P}{2} \frac{E}{\mathcal{R}}.$$

Dans ce calcul on ne tient pas compte de la différence des diamètres de roulement des roues, diamètres qui ne sont pas égaux, en courbe, à cause de la conicité des bandages.

Le *parallélisme des essieux* produit également un glissement des bandages sur les rails; il en résulte un frottement dont le coefficient est encore f'. En appelant L la distance entre les essieux, on trouve [1] que le travail correspondant au frottement est :

$$f' P \frac{\sqrt{E^2 + L^2}}{2\mathcal{R}}.$$

La résistance due aux courbes se compose de deux termes et s'exprime par :

$$f' \frac{P}{2} \frac{E}{\mathcal{R}} + f' P \frac{\sqrt{E^2 + L^2}}{2\mathcal{R}}.$$

Résistance due aux obstacles accidentels. — Les défauts dans la surface des rails, la présence de petits corps étrangers sur la voie, les frottements dus aux mouvements de lacet, etc., font naître des résistances qui sont proportionnelles au poids du wagon et à sa vitesse; on représente leur travail par le terme :

$$K'PV,$$

dans lequel K' est un coefficient constant.

Travail total. — Le travail total des résistances du wagon ou l'effort de traction nécessaire pour les vaincre se trouve représenté par la formule :

$$f(P - p)\frac{r}{R} + f\frac{P}{R} + KSV^2 \pm Pi + f'\frac{PE}{2\mathcal{R}} + f'\frac{P\sqrt{E^2 + L^2}}{2\mathcal{R}} + K'PV.$$

Mais on peut remarquer que, pour un train entier, le poids p des roues est une fraction à peu près constante du poids total des véhicules. En prenant 1.500 kilogrammes pour le poids d'un essieu, 4.500 kilogrammes pour le poids d'un wagon vide et 4.500 kilogrammes également pour le poids de son chargement, on a $p = 1.500$ kilogrammes et $P = 9.000$ kilogrammes; d'où :

$$P - p = 7.500 \text{ kilogr.} \qquad \text{ou} \qquad \frac{5}{6} P.$$

1 Sévène, *Cours de chemins de fer* cité par Humbert, dans son *Traité des Chemins de fer*.

En admettant cette approximation et en remplaçant $P - p$ par sa valeur dans la formule ci-dessus, on obtient :

$$\left(\frac{5}{6} f \frac{r}{R} + \frac{f'}{R} + K'V + \frac{KSV^2}{P} \pm i + \frac{f''E}{2\mathfrak{R}} + \frac{f''\sqrt{E^2 + L^2}}{2\mathfrak{R}}\right) P.$$

Les quatre premiers termes de cette formule représentent la partie de la résistance qui est indépendante du tracé, celle qu'il faut vaincre d'un bout à l'autre du parcours ; c'est la résistance propre du train ; le cinquième terme représente l'influence des pentes ; les deux derniers celle des courbes.

§ 3. — Choix des formules pratiques.

Résistance propre du train. — Différentes formules ont été établies dans le but de réunir en bloc les trois résistances constituant la résistance propre du train.

Formule de Harding. — La plus ancienne, établie par M. Scott Russel et qui date de 1846, est basée sur des expériences faites par M. W. Harding ; elle donne, toutefois, des résultats sensiblement trop forts pour les faibles vitesses ; elle est suffisamment exacte pour les grandes vitesses et convient pour les trains de voyageurs.

$$R = 2{,}72 + 0{,}094V + 0{,}00484 \frac{SV^2}{P};$$

R = résistance en kilogrammes par tonne ;
V = vitesse en kilomètres à l'heure ;
P = poids du train ;
S = surface transversale maxima du train en mètres carrés. (On prend généralement S = 6 mètres.)

Formule de la Compagnie de l'Est. — A la suite d'expériences très complètes faites par la Compagnie de l'Est, MM. Vuillemin, Ghébard et Dieudonné ont établi [1] les formules suivantes :

Trains de marchandises :

Vitesse de 12 à 32^{km} à l'heure.

Graissage à l'huile..... $R = 1{,}65 + 0{,}05V$
— à la graisse..... $R = 2{,}30 + 0{,}05V$

[1] *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, 1867, p. 701.

Trains de voyageurs :

Vitesse de 32 à 50^{km} à l'heure : $R = 1{,}80 + 0{,}08V + \frac{0{,}009SV^2}{P}$

— 50 à 65^{km} à l'heure : $R = 1{,}80 + 0{,}08V + \frac{0{,}006SV^2}{P}$

— 70 à 80^{km} à l'heure : $R = 1{,}80 + 0{,}14V + \frac{0{,}004SV^2}{P}$

Ces formules, qui résultent d'expériences faites sur un matériel déjà ancien et qui n'était pas dans les conditions des véhicules actuels, surtout au point de vue du roulement, donnent aussi des chiffres trop forts.

Formule de la Compagnie d'Orléans. — La formule suivante, en usage à la Compagnie d'Orléans, paraît, au contraire, donner des résultats se rapprochant assez exactement de la pratique :

$$R = 1{,}50 + \frac{V^2}{1.100}.$$

Cette formule résulte des expériences qui ont été faites de 1857 à 1866 par M. C. Polonceau, puis continuées par M. Forquenot[1].

Formules Fink. — M. Fink, ingénieur autrichien, a proposé deux formules d'une application facile, l'une pour les circonstances favorables, l'autre pour les circonstances défavorables.

1° Conditions favorables : voie et matériel en bon état, pas ou peu de courbes de moins de 500 mètres de rayon ; vent faible ; matériel graissé à l'huile, charge supérieure à 100 tonnes brutes :

$$R = 2{,}5 + 0{,}001V^2;$$

2° Conditions moins favorables : nombreuses courbes de moins de 500 mètres ; vent fort ; graissage à la graisse ; charge inférieure à 100 tonnes :

$$R = 3{,}75 + 0{,}0015V^2.$$

On trouvera dans la *Revue générale des Chemins de fer*, numéro de mai 1890, les résultats très intéressants obtenus par M. Desdouits sur la résistance des trains. Ces expériences, faites avec le matériel de l'administration des chemins de fer de l'État, sembleraient indiquer, pour les grandes vitesses au moins, une résistance un peu inférieure à celle obtenue avec la formule d'Orléans.

Le matériel à bogie, d'après les expériences de M. Desdouits, semblerait donner une moyenne de résistance inférieure de 20 à 30 0/0 à

1 *Bulletin de la Société des Ingénieurs civils*, 1868.

celle du matériel ordinaire ; cette différence s'applique aux grandes vitesses et disparaît à la vitesse de 15 kilomètres à l'heure.

Résistance due aux déclivités. — L'influence des pentes est représentée, dans la formule générale de la résistance, par le terme i, qui mesure l'inclinaison de la ligne. On admet que chaque millimètre de rampe augmente la résistance de 1 kilogramme par tonne et que chaque millimètre de pente la diminue de la même quantité.

Résistance due aux courbes. — Si on prend pour f, E et L leurs valeurs courantes $f = 0^m,20$. $E = 0^m,50$, $L = 3^m,60$, et qu'on porte ces valeurs dans la partie de la formule générale correspondant aux courbes, on a :

$$\frac{fE}{2\mathcal{R}} + \frac{\sqrt{E^2 + L^2}}{2\mathcal{R}} = \frac{550}{\mathcal{R}},$$

ce qui donne :

Pour $\mathcal{R} =$	1.000 mètres,	résistance par tonne	$0^{kg},55$
—	500 mètres,	—	1 ,10
—	300 mètres,	—	1 ,80

Mais les chiffres que l'on emploie dans la pratique sont un peu différents.

En pratique, on admet souvent les surcroîts de résistance suivants

Rayon de la courbe.	Augmentation de résistance par tonne.
1.000 mètres.....	$0^{kg},30$
500 —	1 ,90
300 —	3 ,00

Citons la formule employée par la Compagnie d'Orléans

$$R = \frac{1{,}000NV}{\mathcal{R}^2},$$

dans laquelle N = nombre de véhicules ; V = vitesse en kilomètres ; $\mathcal{R}$ = rayon de la courbe.

D'après M. Polonceau, le supplément d'effort imputable aux courbes aurait les valeurs suivantes, pour un train composé de 35 wagons à marchandises marchant à 25 kilomètres à l'heure :

Rayon des courbes.	Augmentation de résistance par tonne.
1.500 mètres	0kg,00
1.400 —	0 ,05
1.300 —	0 ,15
1.200 —	0 ,30
1.100 —	0 ,50
1.000 —	0 ,75
900 —	1 ,05
800 —	1 ,40
700 —	1 ,80
600 —	2 ,25
500 —	2 ,75
400 —	3 ,30
300 —	3 ,90

Des expériences faites par M. Forquenot ont donné des résultats un peu moins forts pour les grands rayons :

Rayon des courbes.	Augmentation de résistance par tonne : Train de 40 wagons vitesse 25 kilomètres.	Train de 12 wagons vitesse 50 kilomètres
1.800 mètres	0kg,35	0kg,40
500 —	1 ,40	1 ,50
300 —	3 ,90	4 ,10

Des expériences faites à faible vitesse sur le chemin de fer de l'État saxon [1] ont donné les résultats suivants :

En palier et alignement droit	2kg,48	
— et courbes de 283m de rayon	3 ,92, soit en plus	1kg,44
— et courbes de 170m de rayon	5 ,81 —	3 ,33

Des expériences faites à la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée ont donné les résultats suivants :

Rayon des courbes.	Augmentation de résistance par tonne : trains express 10 véhicules.	trains de voyageurs 20 véhicules.	trains de marchandises 50 véhicules.
1.800 mètres	0kg,50	0kg,55	0kg,75
800 —	0 ,60	0 ,70	0 ,90
500 —	1 ,00	1 ,15	1 ,50
400 —	1 ,20	1 ,50	1 ,80
300 —	1 ,70	2 ,10	2 ,50
250 —	2 ,00	2 ,30	3 ,00

1 *Revue générale des Chemins de fer*, juin 1892.

Le Ministre des Travaux publics a institué, en 1892, une Commission dite *Commission des courbes à faible rayon*, dont le but était d'étudier si le matériel normal des Compagnies françaises pouvait circuler dans des courbes de 200 et 150 mètres de rayon et de déterminer le surcroît de résistance provenant de cette circulation. Ces expériences ont été exécutées à Noisy-le-Sec, sur le réseau de l'Est.

Il résulte du rapport de M. Le Chatelier [1], secrétaire de la Commission, dont les conclusions ont été approuvées par le Congrès des Chemins de fer tenu à Saint-Pétersbourg, en août 1892, que :

1° Le matériel ordinaire actuel de la voie normale peut généralement passer dans des courbes de 150 mètres de rayon à vitesse réduite ;

2° Que le surcroît de résistance dû aux courbes peut être évalué en palier à $4^{kg},9$ par tonne pour les courbes de 200 mètres de rayon et à 6 kilogrammes pour les courbes de 150 mètres de rayon.

Le rapport ajoute, toutefois, que ce chiffre n'est qu'une indication et qu'il est bien entendu que le surcroît de résistance peut varier dans des limites très étendues.

Ces essais ont démontré que, pour des vitesses inférieures à 30 kilomètres à l'heure, dans la courbe de 200 mètres, et à 40 kilomètres, dans la courbe de 150 mètres, *sur voie sans dévers*, le surcroît de résistance devient invariable. Pour des vitesses supérieures, il croît avec la vitesse, mais des vitesses supérieures sont inadmissibles pour d'aussi faibles rayons.

On a également trouvé que le dévers avait une influence favorable et que, pour des rayons de 200 et 150 mètres, la réduction de résistance était de 20 0/0 pour un dévers de $0^{m},08$ et de 30 0/0 pour un dévers de $0^{m},16$.

L'influence de l'écartement des rails, ou du jeu des essieux montés dans la voie, ne paraît pas avoir une importance sur la résistance.

Des voitures à écartements respectifs de $3^{m},50$, 5 mètres et $5^{m},90$ ont fourni des valeurs absolues de surcroît de résistance très voisines et, d'ailleurs, peu élevées ; l'écartement des essieux a donc peu d'influence sur la résistance.

La forme de profil du bandage paraît, au contraire, avoir une grande importance. Les bandages dont le boudin a une forme coupante, comme ceux employés sur le matériel de la Compagnie de l'Ouest, ont donné dans les courbes une atténuation de 1/3 sur le surcroît de résistance correspondant aux bandages normaux. Disons à ce propos que les grands réseaux français se sont mis d'accord en 1908, sur des profils à adopter pour les bandages des locomotives et des véhicules.

Résistance de la machine et du tender. — A la résistance du train, calculée d'après les formules précédentes, et en tenant compte

[1] *Bulletin du Congrès international des Chemins de fer*, août 1892.

des résistances dues aux rampes et aux courbes, il faut ajouter celle de la machine et de son tender. Cette résistance se compose de trois éléments :

1° Résistance de la machine et de son tender considérés comme étant de simples véhicules ;

2° Résistance due aux frottements du mécanisme, la machine roulant à vide ;

3° Résistance due aux frottements additionnels résultant de la pression de la vapeur.

Formules de la Compagnie d'Orléans. — La Compagnie d'Orléans prend pour chiffres des résistances propres de la machine :

Machines à roues libres	12	kilogr. par tonne
— à 4 roues accouplées	15	—
— à 6 roues accouplées	18	—
— à 8 et 10 roues accouplées	20	—

On applique au calcul de la résistance du tender, lorsqu'il est séparé, la même formule que pour les wagons.

Formule de la Compagnie de l'Est. — D'après MM. Vuillemin, Ghébard et Dieudonné, ingénieurs des chemins de fer de l'Est, la résistance totale de la machine *seule* peut être approximativement évaluée ainsi par tonne de son poids :

Machines à roues libres	9 à 10	kilogrammes
— à 4 roues accouplées	11 à 12	—
— à 6 —	15	—
— à 8 —	25	—

La partie de cette résistance spécialement due au mécanisme peut être représentée par les chiffres suivants, par tonne du poids de la machine :

Machines à roues libres	5	kilogrammes
— à 4 roues accouplées	7	—
— à 6 —	9	—
— à 8 —	14	—

Si on considère la machine réunie au tender, la résistance totale est, d'après les ingénieurs de l'Est, par tonne du poids de ces deux véhicules réunis, aux vitesses normales du service :

Machines à roues libres	$8^{kg},000$
— à 4 roues accouplées	10 ,500
— à 6 —	12 ,500
— à 8 —	20 ,000

La résistance du tender seul peut être évaluée à environ 6 kilogrammes par tonne pour les trains de marchandises, et à 7 ou 8 kilogrammes pour les trains express.

Formules de Gooch. — En Angleterre, M. Daniell Gooch a proposé, d'après une loi énoncée par M. de Pambour [1], de représenter la résistance de la machine par la formule :

$$R = C + 0{,}15\,\frac{T}{V},$$

dans laquelle C est une résistance constante indépendante du travail et de la vitesse de la machine; T, le travail disponible sur l'essieu moteur; V, la vitesse de la machine; $\frac{T}{V}$ représente l'effort de traction mesuré sur les roues motrices. D'après M. Couche, la relation ci-dessus ne peut être établie avec certitude.

Formules de Welkner. — En Allemagne, M. Welkner a proposé de représenter par les formules suivantes la résistance totale d'une machine à six roues et de son tender :

Avec les roues libres.....	R =	$6 + 0{,}0044V^2$
— 4 roues accouplées.....	R =	$8 + 0{,}0044V^2$
— 6 —	R =	$12 + 0{,}0044V^2$

dans lesquelles R est la résistance en kilogrammes, et V la vitesse en kilomètres à l'heure.

Résistance totale d'un train. — Lorsqu'on veut exprimer approximativement la résistance totale d'un train, y compris la machine et le tender, on se contente quelquefois d'augmenter de 25 0/0 le coefficient de la formule de Harding et d'y remplacer P par le poids total P', comprenant la machine et le tender; en prenant S = 5 mètres carrés, cette formule devient alors :

$$R = 3{,}40 + 0{,}118V + 0{,}03\,\frac{V^2}{P'}.$$

Elle donne les résultats suivants pour les différentes valeurs de V et de P'.

V	P' = 100 tonnes	P' = 200 tonnes	P' = 300 tonnes
kilom. à l'heure	kilogr.	kilogr.	kilogr.
30	7,21	7,08	7,03
40	8,60	8,36	8,28
60	11,56	11,02	10,84
80	14,76	13,80	13,48
100	18,20	16,70	16,20

[1] *Traité des Locomotives*, 2e édition, 1840.

§ 4. — Exemples numériques.

Premier exemple. — 1° Un train express pesant 150 tonnes est remorqué à la vitesse de 70 kilomètres à l'heure par une machine pesant 48 tonnes attelée à un tender pesant 34 tonnes, sur une rampe de 5 millimètres ; quelle sera la résistance ?

La résistance par tonne sera, d'après la formule d'Orléans (p. 94),

$$R = 1{,}50 + \frac{70^2}{1.100} = 5^{kg},95 ;$$

en y ajoutant la résistance due à la rampe de 5 millimètres, qui est de 5 kilogrammes, on aura :

$$R' = 5^{kg},95 + 5^{kg} = 10^{kg},95.$$

Le poids total du train est de :

$$150^T + 48^T + 34^T = 232^T.$$

La résistance du train est donc de :

$$10^{kg},95 \times 232^T = 2.540^{kg},40.$$

La résistance de la machine, d'après les chiffres admis par la Compagnie d'Orléans (p. 98), et en admettant une locomotive à 2 essieux couplés, est de :

$$48^T \times 15^{kg} = 720^{kg}.$$

La résistance totale au contact des roues motrices sera donc :

$$2.540^{kg},40 + 720^{kg} = 3.260^{kg},40.$$

Deuxième exemple. — Un train pesant 80 tonnes est remorqué à la vitesse de 30 kilomètres à l'heure par une machine tender à 6 roues accouplées pesant 39 tonnes, sur une rampe de 16 millimètres par mètre avec courbes de 300 mètres de rayon ; quelle sera la résistance ?

La résistance par tonne sera, d'après la formule d'Orléans :

$$R = 1{,}50 + \frac{30^2}{1.100} = 2^{kg},32 ;$$

en y ajoutant la résistance due à la rampe de 16 millimètres, qui est de 16 kilogrammes, on aura :

$$R' = 2^{kg},32 + 16^{kg} = 18^{kg},32.$$

La résistance due à la courbe de 300 mètres de rayon est de 3 kilogrammes par tonne, qui, ajoutée à la résistance précédente, donne :

$$18^{kg},32 + 3^{kg}. \; 21^{kg},32 =$$

Le poids total du train, y compris la machine, étant de :

$$80^{T} + 39^{T} = 119^{T},$$

la résistance totale sera :

$$119^{T} \times 21^{kg},32 = 2.537^{kg},08.$$

La résistance de la machine tender à 3 essieux accouplés étant de 18 kilogrammes par tonne, soit pour la machine :

$$39^{T} \times 18^{kg} = 702^{kg},$$

on aura pour la résistance totale au contact des roues motrices :

$$2.537^{kg},08 + 702^{kg} = 3.239^{kg},08.$$

Troisième exemple. — Un train pesant 118 tonnes est remorqué à la vitesse de 80 kilomètres à l'heure par la machine et le tender du premier exemple ci-dessus; quelle sera la résistance?

D'après les formules de l'Orléans, la résistance sera :

$$\left(1{,}50 + \frac{80 \times 80}{1.100}\right) 200 + (48 \times 15) = 2.182 \text{ kilogrammes.}$$

D'après la formule de Harding, modifiée comme il est dit page 99, elle sera :

$$3{,}40 + (0{,}118 \times 80) + 0{,}03\,\frac{80 \times 80}{200} = 2.760 \text{ kilogrammes;}$$

ou, en prenant le chiffre indiqué dans le tableau de la même page, pour V = 80 et P = 200 :

$$200 \times 13{,}80 = 2.760 \text{ kilogrammes.}$$

Ainsi qu'il est dit page 93, la formule de Harding donne des résultats un peu forts.

CHAPITRE XI

CALCUL DE LA LOCOMOTIVE

Définition. — La locomotive est une machine à vapeur, qui fait tourner une paire de roues en contact avec des rails, ce qui les oblige à se mouvoir sur ces rails.

Pour que le mouvement sur les rails se produise, il faut que le frottement des roues motrices sur les rails, c'est-à-dire leur adhérence, soit plus fort que la résistance à vaincre pour mettre en mouvement la machine et le train auquel elle est attelée. Si cette condition n'est pas remplie, les roues tournent sur place sans avancer et on dit que la machine *patine*.

Dans le calcul d'établissement d'une locomotive, il faut donc considérer, d'une part, sa puissance comme moteur à vapeur ; d'autre part, son adhérence.

§ 1. — Formules théoriques.

Équation de la puissance. — Soient :

p, la pression de la vapeur dans la chaudière en kilog. par centimètre carré ;
d, le diamètre des cylindres en centimètres ;
l, la course des pistons en centimètres ;
D, le diamètre des roues motrices en centimètres ;
R, la résistance d'un train (calculée comme il est dit au chapitre x) rapportée au point de contact des roues motrices.

Le travail moteur pendant une course du piston est égal au produit de la pression sur une face du piston multipliée par l'espace parcouru, ou

$$p \frac{\pi d^2}{4} \times l.$$

Pour un tour de roue, il y a deux coups de piston, un à l'aller, un au retour ; sur une locomotive ayant deux cylindres, le travail moteur total pendant un tour de roues est égal à quatre fois celui correspondant à une course du piston, soit :

$$4p \frac{\pi d^2}{4} l \qquad \text{ou} \qquad p\pi d^2 l.$$

Mais, d'autre part, la résistance du train, R, est équilibrée par une

force tangente à la circonférence de la roue et dirigée en sens contraire ; le travail résistant est donc équivalent au produit de cette force R multipliée par l'espace parcouru à la circonférence de la roue, πD, soit :

$$R\pi D.$$

Faisons le travail moteur égal au travail résistant, ce qui est vrai si le mouvement du train est uniforme, nous aurons :

$$R\pi D = p\pi d^2 l,$$

ou, plus simplement :

$$R = \frac{pd^2 l}{D}.$$

C'est ce qu'on appelle l'équation de la locomotive.

Équation de l'adhérence. — Mais l'équation d'équilibre que nous venons d'écrire ne suffit pas ; il faut encore tenir compte de la manière dont la locomotive avance sur les rails. Or, comme nous l'avons dit, celle-ci n'avance que par suite du frottement qui se produit entre les roues motrices et les rails, c'est-à-dire par l'*adhérence*.

L'adhérence est d'autant plus forte que le poids réparti sur les roues motrices — appelé poids adhérent — est lui-même plus fort. Elle varie suivant l'état des surfaces. Si on représente par P le poids adhérent, et par n le coefficient de frottement entre les surfaces des roues et des rails en contact, l'adhérence est égale à nP ; c'est l'effort qu'il faudrait exercer pour faire tourner les roues sur place.

Si R est la résistance totale du train, on doit toujours avoir :

$$n\mathrm{P} \geqq \mathrm{R}.$$

Telle est la seconde équation de la locomotive.

§ 2. — Formules pratiques.

Coefficients de réduction. — L'équation de la locomotive, telle qu'elle a été donnée précédemment, est une formule théorique ; en pratique, il faut lui faire subir diverses corrections.

Réduction due à la pression. — Cette formule est établie en comptant que le piston reçoit la pression p de la vapeur dans la chaudière. Or, la pression dans les cylindres est évidemment inférieure à celle de la chaudière, et elle doit être frappée d'un coefficient de réduction que nous appellerons a, d'où :

$$R = a\,\frac{pd^2 l}{D}$$

Le coefficient a dépend de beaucoup de circonstances et varie avec le degré d'admission dans les cylindres.

En tenant compte de l'effet de l'espace nuisible pendant la détente et de l'augmentation que subit la contre-pression à mesure que l'admission diminue et que, par suite, la compression augmente, on peut admettre pour a les valeurs ci-dessous, suivant les différents crans d'admission :

Admission	Coefficient a.
0.15	0,34
0,20	0,41
0,25	0,48
0,30	0,54
0,40	0,65
0,50	0,73
0,60	0,79

Ces résultats sont obtenus en supposant un espace nuisible de 7 0/0, qui est généralement celui des locomotives, et en supposant une pression, dans la chaudière, de 10 kilogrammes.

Réduction due à la vitesse. — Ces coefficients, obtenus en supposant une vitesse faible, diminuent d'une manière très sensible par suite de l'accroissement de la vitesse. Il faut, dans ce cas, les multiplier par l'expression :

$$(1.000 - 0{,}0045V),$$

où V représente la vitesse en kilomètres à l'heure. Ce coefficient de réduction est le résultat de l'examen d'un grand nombre de diagrammes d'indicateurs relevés à diverses vitesses et au même cran.

On admet généralement un coefficient de 0.65 pour a, ce qui, d'après le tableau précédent, suppose, à faible vitesse, une admission de 0,40.

Réduction due aux résistances du mécanisme. — Il y a enfin à tenir compte de la résistance des pièces du mécanisme entre le cylindre et le point de contact des roues motrices. On peut admettre que cette résistance est égale à environ 0,04 de l'effort réel sur les pistons.

Valeur de l'adhérence. — Des expériences nombreuses ont prouvé que ce coefficient peut varier du simple au triple suivant l'état des rails, suivant le temps et les lieux : on admet généralement les valeurs suivantes :

VALEURS DE n

Temps très sec	1/5
Beau temps	1/6
Forte pluie	1/7
Temps brumeux, humide	1/8
Brouillard ou neige	1/9
Rails gras (dans les souterrains)	1/10
Rails recouverts par la chute des feuilles	1/13

La vitesse influe aussi sur l'adhérence et tend à la diminuer d'une manière sensible. En pratique et dans les circonstances ordinaires, on compte en moyenne sur une adhérence de 1/7 ou 14 0/0.

Sablières. — Pour augmenter l'adhérence, lorsque les machines tendent à patiner, on jette du sable entre la roue et le rail. A cet effet, un réservoir contenant du sable sec et fin est installé sur la machine ; des conduits partent du réservoir et laissent écouler le sable sur le rail immédiatement en avant des roues motrices. Sur certaines lignes à fortes rampes, on a employé dans le même but un jet de vapeur et d'eau [1]. Enfin, on emploie aussi, et avec avantage, des sablières dans lesquelles le jet de sable est projeté sous la roue par un jet de vapeur sèche [2].

Grâce au sable, on arrive à porter l'adhérence à 1/4 et même à 1/3.

Valeur du poids adhérent. — Le coefficient d'adhérence réduisant à 1/7 environ le poids adhérent, on cherche à faire celui-ci le plus fort possible, tout en restant dans les limites compatibles avec la dimension des organes et la résistance de la voie. Cette limite varie de 13 tonnes à 18 tonnes par essieu ou par paire de roues motrices.

Lorsqu'il est nécessaire d'avoir un poids adhérent plus fort que celui donné par une paire de roues, on accouple ensemble deux, trois et même un plus grand nombre de paires de roues. Le poids adhérent se trouve, par suite, doublé, triplé, etc.; c'est le cas des machines à marchandises et des machines pour fortes rampes.

Formules définitives. — Les deux équations de la locomotive peuvent donc s'écrire :

$$(1) \qquad R = \frac{0{,}96a\,(1.000 - 0.0045V)\,pd^2l}{D}$$

[1] *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer*, juillet 1887 et février 1888.

[2] *Génie civil*, 1888 : *Sablière à vapeur pour augmenter l'adhérence des roues de locomotives*, par R. Bounin.

et

$$P \geqq 7R. \qquad (2)$$

Dans la première équation, les valeurs de a sont celles inscrites au tableau précédent.

Ces deux équations déterminent les éléments du mécanisme moteur et le poids adhérent nécessaire ; il reste ensuite à fixer les éléments de la chaudière.

§ 3. — Application des formules.

Proportions des organes. — La première équation permet de déterminer les relations qui doivent exister entre les différents organes du mécanisme.

Diamètre des roues. — On remarquera, tout d'abord, qu'à mesure que l'effet à produire augmente, le diamètre des roues motrices doit diminuer. Il faut donc, pour les trains de grande vitesse, des locomotives à grandes roues, et, pour les trains de marchandises lourdement chargés ou pour les trains circulant sur des lignes à fortes rampes et, par conséquent, nécessitant de grands efforts, des locomotives avec roues de petit diamètre.

Les roues des locomotives à grande vitesse ont, en général, un diamètre variant entre $1^m,80$ et $2^m,10$. Des locomotives à grande vitesse et à roues indépendantes construites en Angleterre ont des roues d'un diamètre de $2^m,337$; certaines machines à roues libres du Great-Northern ont $2^m,50$ de diamètre, c'est un maximum qu'on ne dépasse pas aujourd'hui.

Parmi les machines à grande vitesse exposées récemment à Milan se trouvait une locomotive atlantique de l'Etat autrichien dont les roues accouplées avaient $2^m,140$.

Les locomotives destinées à traîner des trains omnibus ont des roues motrices dont le diamètre varie entre $1^m,50$ et $1^m,80$.

Quant aux machines à marchandises, le diamètre est de $1^m,20$ à $1^m,50$ et descend quelquefois, mais c'est une limite extrême, à 1 mètre, lorsqu'il s'agit de produire de grands efforts.

Nombre de tours de roues. — Le nombre de tours de roues par seconde ne doit pas dépasser une certaine limite, afin de ne pas trop apporter de perturbations dans la distribution de la vapeur et d'éviter de donner aux pièces du mécanisme une trop grande vitesse, dangereuse à tous les points de vue. En général, ce nombre de tours est de trois. Pour les machines à grande vitesse, il atteint souvent quatre, ce qui donne une vitesse de piston de 5 mètres par seconde, maximum qu'il faut éviter de dépasser, quoique, cependant, ce fait se

présente assez fréquemment ; mais, alors, c'est en descendant une pente, où l'effort à produire est toujours faible.

Cylindres et pistons. — Le diamètre des cylindres, d, est généralement compris entre $0^m,35$ et $0^m,60$ pour les machines à simple expansion ; il s'élève à 0,68 et 0,70 pour les cylindres à basse pression des machines compound : on conçoit que, sur une locomotive, on ne puisse placer des cylindres très grands, leurs dimensions étant limitées par la largeur de la voie, et aussi par le poids des organes qu'il y aurait à mettre en mouvement.

La course des pistons, l, varie généralement entre 0,45 et 0,72 ; dans le plus grand nombre de cas, elle est reliée au diamètre des cylindres par la relation $l = 1{,}2d$ à $1{,}4d$.

Pression de la vapeur. — Il faut donner d'abord la pression de la vapeur dans la chaudière ; cette pression tend chaque jour à devenir plus élevée, ce qui permet d'augmenter la détente de la vapeur et, par suite, de la faire travailler dans des conditions plus économiques. La pression de 10 kilogrammes est aujourd'hui un minimum et la pression de 12 kilogrammes devient courante, pour les machines ordinaires ; cette pression atteint et dépasse même 16 kilogrammes pour les locomotives compound.

Chaudière. — Pour déterminer les dimensions de la chaudière, la première chose à connaître est le poids de vapeur à dépenser par heure.

Vapeur dépensée par heure. — Le poids de vapeur dépensée par heure peut être exprimé par la formule suivante :

$$(3) \qquad Q = \frac{1.050 d^2 l x (1 + 0{,}53)\,EMV}{D}.$$

M = poids du mètre cube de vapeur à la pression de la *fin de l'admission ;*
x = admission en centièmes de la course ;
E = espace nuisible en centièmes du volume du cylindre ;
V = vitesse en kilomètres à l'heure.
d et l sont exprimées en mètres.

Charbon brûlé par heure. — Le poids de vapeur à produire par heure étant connu, il s'agit de connaître la quantité de charbon nécessaire pour cette production de vapeur.

Avec de bons charbons en roche, comme on en emploie encore aujourd'hui sur les lignes du Sud de l'Angleterre, on vaporise facilement de $8^{kg},5$ à 9 kilogrammes d'eau par kilogramme de charbon.

Avec les menus lavés, on peut atteindre 8 kilogrammes, mais il est préférable de ne compter que sur 7 kilogrammes.

Enfin, avec les menus, comme on les emploie à la Compagnie P.-L.-M. et sur les lignes belges, il ne faut guère compter que sur une vaporisation de 6 kilogrammes d'eau au plus par kilogramme de charbon.

Divisant donc la quantité de vapeur à produire par les chiffres précédents, on obtiendra la quantité de charbon à brûler par heure.

Dimensions de la grille. — Cette quantité de charbon devra être brûlée sur une grille. Quelle sera la dimension de la grille? La surface de celle-ci dépend évidemment de la quantité de combustible qu'il est possible de brûler par heure sur un mètre carré. Or, cette quantité est très variable et dépend du tirage, qui, lui-même, dépend des dimensions de la tuyère d'échappement, de sa forme et de la longueur des tubes. En marche normale, on peut compter sur une combustion de 250 à 300 kilogrammes par mètre carré, et on peut arriver, en serrant l'échappement, pour monter une rampe d'une certaine longueur, à brûler 500 kilogrammes au moins par mètre carré. Certaines machines, notamment en Amérique, arrivent à brûler jusqu'à 7 et même 800 kilogrammes par mètre carré et par heure, mais c'est au détriment de la production économique de la vapeur. Les Américains, du reste, ne semblent attacher qu'une médiocre importance à cette dernière considération ; ils cherchent à faire produire à leurs locomotives le travail maximum dont elles sont susceptibles, sans tenir compte du rendement économique de la chaudière.

En divisant la quantité de charbon à brûler par la quantité qu'on peut consommer par mètre carré et par heure, on aura la surface de la grille.

Rendement de a chaudière. — Le rendement de la chaudière augmente à mesure que le rapport entre la surface de chauffe indirecte des tubes et la surface de la grille augmente lui-même. Au point de vue économique, il y a donc avantage à augmenter ce rapport ; mais, en augmentant la surface de chauffe indirecte, il faut allonger la chaudière et, par conséquent, la machine, et, de ce fait, le poids de celle-ci augmente.

Dans les machines à grande vitesse, ce rapport, en France, est allé en augmentant, il est maintenant d'environ 70.

En Angleterre, où on emploie généralement du bon combustible en roche et où, par suite, les grilles sont petites et les foyers profonds, ce rapport se rapproche plus de 60.

En Belgique, au contraire, où on brûle du poussier et où les grilles ont une très grande surface, ce rapport descend jusqu'à 23.

Avec un rapport de 50, le rendement de la chaudière est d'environ 73 0/0 avec une combustion de 300 kilogrammes par mètre carré de grille, et d'environ 60 0/0 avec une combustion de 500 kilogrammes.

Avec un rapport de 60, ces chiffres deviennent 76 0/0 et 71 0/0.

Surface de chauffe des tubes. — Connaissant donc le rapport convenable à admettre, et qui dépend des conditions spéciales suivant lesquelles on veut produire la vapeur, et multipliant ce rapport par la surface de la grille, on obtient la surface de chauffe indirecte des tubes.

Surface de chauffe du foyer. — Quelle sera la proportion entre la surface de chauffe directe et la surface de chauffe indirecte, c'est-à-dire entre la surface de la boîte à feu et celle des tubes ?

Il semble avantageux d'augmenter la surface de chauffe directe, car c'est dans la boîte à feu que la température est la plus élevée et que la vaporisation est la plus intense. Il semble également avantageux d'avoir, autant que faire se peut, de grands foyers et profonds, afin d'obtenir une combustion plus complète des gaz avant leur introduction dans les tubes. La surface de chauffe du foyer dépasse souvent 3 mètres carrés.

Longueur des tubes. — La longueur des tubes est aussi une question importante. Les expériences faites à la Compagnie de Lyon [1] semblent indiquer qu'une longueur de 4 mètres paraît convenable et préférable aux longueurs de 5 et 5m,50 qui ont été employées dans certaines locomotives ; ces grandes longueurs augmentent peut-être dans une certaine proportion le rendement de la chaudière, mais ils augmentent aussi le poids de la locomotive au détriment du poids remorqué.

En Angleterre, les tubes ont, en général, une longueur de 3m,30 ; cette longueur ne dépasse jamais 3m,50.

En général, la proportion entre la surface indirecte et la surface directe varie entre 8,5 et 10.

En marche normale, la température dans la boîte à feu varie entre 1.000 et 1.200° et, dans la boîte à fumée, entre 3 et 400°.

§ 4. — Exemples numériques.

Premier exemple. — Appliquons les différentes observations que nous venons de faire au calcul des dimensions principales d'une locomotive ayant à produire un travail déterminé. Pour cela, reprenons l'exemple que nous avons choisi pour le calcul de la résistance des trains (p. 100), et cherchons la dimension d'une locomotive devant produire un effort à la jante de 3.260 kilogrammes avec une vitesse de 70 kilomètres à l'heure sur une rampe de 0m,005 par mètre.

Dimensions des cylindres. — Cherchons d'abord le diamètre du cylindre et la course du piston, en admettant un diamètre des roues motrices de 2m,10, une admission de 0,30, qui est généralement le cran

[1] *Étude expérimentale de la vaporisation dans les chaudières de locomotives* (*Annales des Mines*).

d'admission en marche normale, et un timbre de chaudière de 12 kilogrammes.

Appliquant la formule (1) précédente, nous aurons :

$$d^2l = \frac{RD}{0{,}96a\,(1.000 - 0{,}0045V)\,p}$$

$$= \frac{3260 \times 210}{0.96 \times 0.54\,(1.000 - 0.0045 \times 70)\,12} = 160.704.$$

Admettant le rapport $\frac{l}{d} = 1{,}40$, il vient :

$$d^3 = \frac{160704}{1{,}4} \qquad \text{et} \qquad d = 0^m{,}486.$$

$$l = 0^m{,}486 \times 1{,}40 = 0^m{,}68.$$

Adhérence. — Appliquant ensuite la seconde équation de la locomotive, on aura :

$$P \geqq 3260 \times 7 = 22820 \text{ kilogrammes.}$$

Comme le poids par essieu moteur ne peut généralement pas dépasser, avec les voies actuelles, le chiffre de 18 à 20 tonnes, on voit qu'il faudra accoupler deux essieux moteurs.

Calcul de la chaudière : Poids de vapeur. — Le poids total de vapeur à dépenser par heure se calculera au moyen de la formule (1) indiquée plus haut, qui, en remplaçant les lettres par leur valeur, donnera :

$$Q = \frac{1050 \times \overline{0.486}^2 \times 0{,}68 \times 0{,}30 \times 1{,}037 \times 4.82 \times 70}{2.00} = 8.851 \text{ kilogrammes.}$$

Nous avons admis que la pression à la fin de l'admission était, à la vitesse de 70 kilomètres à l'heure, de $0{,}70 \times 12^{kg} = 8^{kg}{,}40$.

Combustible brûlé. — En supposant une vaporisation de $7^{kg}{,}5$ d'eau par kilogramme de charbon, la consommation de combustible par heure sera de :

$$\frac{8851}{7{,}5} = 1.180 \text{ kilogrammes.}$$

Surface de grille. — Admettant enfin que la combustion soit de 500 kilogrammes par mètre carré de grille et par heure, on aura pour la surface de la grille :

$$\frac{1180}{500} = 2^{m2}{,}36.$$

Surface des tubes. — Quant à la surface de chauffe des tubes, on

l'obtiendra, en admettant un rapport de 45 entre la surface des tubes et celle de la grille, par la formule :

$$2^{m2},36 \times 45 = 106^{m2},20.$$

Boite à feu. — La surface directe de la boite à feu, en admettant le rapport 9, sera :

$$\frac{106,20}{9} = 11^{m2},80.$$

Surface de chauffe totale. — La surface de chauffe totale sera :

$$106^{m2},20 + 11^{m2},80 = 118^{m2},00.$$

Production de vapeur. — La production de vapeur par mètre carré totale de la surface de chauffe sera :

$$\frac{8851}{118} = 75 \text{ kilogrammes.}$$

Force en chevaux. — Dans ces conditions, la locomotive développera, au point de contact des roues motrices, une force en chevaux de :

$$\frac{3260 \times 19.5}{75} = 850 \text{ chevaux.}$$

Deuxième exemple. — En faisant les mêmes calculs dans l'hypothèse de la même locomotive remorquant le même train en palier, à la vitesse de 80 kilomètres à l'heure, on trouverait que la résistance *totale* du train serait de 2.100 kilogrammes, que la force en chevaux serait de 620, que la consommation de vapeur serait de 6.300 kilogrammes par heure, que la quantité de charbon à brûler par heure serait de 840 kilogrammes ou 355 kilogrammes par mètre carré de grille. La production de vapeur, par mètre carré de surface de chauffe totale, serait seulement de $53^{kg},5$.

§ 5. — Machines compound.

Définition. — Avant de décrire sommairement les différents types de locomotives en usage sur les chemins de fer, il est intéressant de dire un mot des locomotives compound [1]. Dans la locomotive ordinaire, la vapeur agit, en se détendant, dans chacun des cylindres, et, lorsqu'elle a produit son action, elle se rend dans l'atmosphère par la tuyère d'échappement. Dans la locomotive compound, la vapeur agit d'abord en se détendant dans un premier cylindre qu'on appelle *cylindre à haute pression* ou *petit cylindre ;* elle s'échappe de celui-ci en

[1] Mot anglais qui signifie *composé*.

conservant une certaine pression et achève de se détendre dans un second cylindre qui porte le nom de *cylindre à basse pression* ou *grand cylindre ;* elle s'échappe enfin de ce dernier dans l'atmosphère.

Inconvénients des machines ordinaires. — On sait que le travail de la vapeur est d'autant plus économique que sa pression est plus élevée et qu'elle se détend davantage. Or, dans les locomotives ordinaires, avec les distributions généralement adoptées, il est presque impossible d'employer, dans de bonnes conditions, des admissions inférieures à 30 0/0; tenant compte alors des espaces nuisibles, la détente maximum possible se réduit à environ 3,5 fois le volume primitif de la vapeur, ce qui est un bien faible résultat.

Par suite de cette faible détente, la vapeur s'échappe du cylindre à une pression élevée, ce qui occasionne une nouvelle perte de rendement.

Le peu d'ouverture des lumières aux faibles admissions entraîne un laminage de la vapeur qui diminue, dans une forte proportion son travail utile.

Enfin, il se produit dans le cylindre des condensations de vapeur pendant l'admission, condensations d'autant plus grandes que la différence entre la température de la vapeur d'admission et celle d'échappement est elle-même plus grande.

On a bien essayé de faire disparaître en partie ces inconvénients par l'emploi de différents systèmes de distribution ; mais, jusqu'ici, cela s'est résumé à des essais, et aucun système n'est encore entré dans le domaine de la pratique.

Avantages du système compound. — L'emploi de la détente successive dans deux cylindres, c'est-à-dire l'emploi du système compound, annule la plus grande partie de ces inconvénients. Dans ce système, la détente peut être augmentée, avec diminution de pression de la vapeur d'échappement à la sortie du grand cylindre. Le laminage de la vapeur est réduit à des proportions modérées, puisque la durée de l'admission dans chaque cylindre est relativement grande. Les condensations de vapeur pendant l'admission sont également réduites, par suite de la diminution de la différence de température entre la vapeur d'admission et la vapeur d'échappement dans chaque cylindre successif. Enfin, chose très importante, les variations d'effort moteur autour des essieux sont moins grandes.

L'emploi du système compound doit donc, par ce fait, se transformer en économie de vapeur et de combustible ou, ce qui, dans certains cas, a une grande valeur, en augmentation de puissance de la machine transformée en compound.

L'expérience montre, en effet, que l'avantage obtenu par l'emploi du système compound peut se chiffrer par une économie de combustible.

Divers types de machines compound. — Les locomotives compound peuvent se diviser en trois catégories :

1° Les *locomotives compound à deux cylindres*, le cylindre à haute pression à droite de la machine et celui à basse pression à gauche, soit intérieurement, soit extérieurement au bâti. C'est le type appliqué, en 1876, sur le chemin de fer de Bayonne-Biarritz, par M. Mallet, à qui l'on doit la première application du système compound aux locomotives. Ce système s'est, depuis, très largement développé ; on comptait il y a peu de temps encore environ 1.400 machines de ce type sur un total de locomotives compound d'environ 1.900.

Dans le but de faciliter le démarrage soit à une station, soit sur une rampe, par suite d'un arrêt momentané, on munit ces locomotives d'un appareil qui porte le nom d'*intercepting valve* et qui permet de faire agir la vapeur à haute pression dans le petit et dans le grand cylindre simultanément. Ces appareils sont *automatiques* ou *non automatiques* et les systèmes en sont assez nombreux ; il serait trop long de les décrire, même sommairement ; nous ne pouvons que renvoyer à la *Revue générale des Chemins de fer*, où la plupart de ces systèmes ont été décrits.

2° Les *locomotives compound à trois cylindres :* ces machines sont caractérisées par la machine de M. Webb, ingénieur en chef du L. et N. W. Deux cylindres extérieurs, à haute pression, placés vers le milieu de la machine, actionnent l'essieu d'arrière, et un seul cylindre à basse pression, placé dans l'axe de la machine et au-dessus de l'essieu porteur d'avant, actionne l'essieu moteur avant ; les deux essieux sont indépendants l'un de l'autre.

Ces locomotives ont une très bonne allure aux grandes vitesses ; mais, aux faibles vitesses, et surtout au moment du démarrage, la marche est difficile et saccadée par suite du manque d'accouplement et de ce que l'essieu moteur avant est actionné par une seule manivelle.

Du reste, ce type s'est très peu développé en dehors du L. et N. W. En 1889, il y avait en tout 99 machines de ce type, et, en 1892, 108, sur lesquelles 85 appartiennent à la Compagnie dont M. Webb est l'ingénieur en chef.

Nous citerons encore comme appartenant à ce type la locomotive à trois cylindres de la Compagnie du Nord ; mais, dans cette machine à trois essieux couplés, les trois cylindres actionnent le même essieu.

3° Les *locomotives à quatre cylindres :* cette catégorie peut elle-même se diviser en deux : les locomotives à quatre cylindres séparés, les locomotives à quatre cylindres en tandem ou superposés deux à deux.

Le premier système, qui, jusqu'en 1895, n'a été employé qu'en France, est caractérisé par les locomotives que la Compagnie P.-L.-M. a construites en 1890 et par celles que la Compagnie du Nord, vers la même époque, a affectées au service de ses express. Les deux cylindres à haute pression, placés vers le milieu de la machine, extérieurement au bâti, actionnent l'essieu moteur arrière, et les deux cylindres à basse

pression, placés intérieurement, actionnent l'essieu moteur avant; dans ces machines, l'accouplement des deux essieux est conservé dans le but de faciliter les démarrages et d'améliorer la stabilité. Un appareil spécial permet d'admettre la vapeur à haute pression dans les petits et grands cylindres simultanément au moment des démarrages.

Dans le même ordre d'idées, nous citerons la locomotive à quatre cylindres du type Mallet, employée notamment aux chemins de fer départementaux, au Central suisse et au Gothard. Ce type de machine diffère du précédent en ce qu'elle est disposée pour circuler dans des courbes de faible rayon. La chaudière repose, à l'arrière, sur un châssis fixe, qui supporte les cylindres à haute pression, et, à l'avant, sur un truc mobile supportant les cylindres à basse pression. Chaque groupe de cylindres actionne deux ou trois essieux accouplés.

L'action des cylindres à haute et basse pression sur deux essieux moteurs séparés a le grand avantage de diminuer dans une forte proportion les efforts qu'un seul essieu doit supporter, lorsque les pistons agissent directement sur lui seul. Cette considération a une grande importance lorsqu'il s'agit de locomotives à grandes vitesses dont on est obligé d'accroître chaque jour la puissance, par suite de l'augmentation successive du poids des trains et de leur vitesse.

Le second type est représenté par la locomotive à marchandises du Nord à quatre essieux accouplés, par les locomotives à grande vitesse de l'Etat hongrois et du Sud-Ouest russe. Dans ces locomotives, les deux cylindres à haute et basse pression sont placés de chaque côté de la machine extérieurement au bâti, en avant l'un de l'autre, c'est-à-dire en tandem.

En Amérique, la maison Baldwin a construit des locomotives du même type, mais où les cylindres, au lieu d'être placés en tandem, sont superposés (système Vauclain); au chemin de fer *Central mexicain*, on a construit des locomotives avec cylindres concentriques. Ces deux derniers systèmes ont le grave inconvénient de compliquer les pièces du mécanisme et, surtout, le tiroir de distribution.

Détails de construction. — Le rapport entre les volumes des cylindres est une chose importante. En général, pour les locomotives à deux cylindres, on tend à faire ce rapport égal à 2,30; en Amérique, on va même jusqu'à 2,70.

M. Webb, pour ses machines à trois cylindres, avait adopté un rapport de 2,30; mais, dans sa dernière (*Greater Britain*), ce rapport a été réduit à 2,00.

Dans les locomotives à quatre cylindres séparés du Nord, construites de 1891 à 1898, le rapport est de 2,43; dans celles construites en 1900, il est de 2,71.

Économie des machines compound. — D'après les résultats

obtenus en service courant avec la locomotive compound du Nord, celle-ci présente sur les locomotives ordinaires une économie de 15 à 20 0/0. Il y a là un progrès incontestable qui pourrait être poussé encore plus loin, dit M. Nadal[1].

Équation des machines compound. — L'équation de la locomotive compound est de même forme que celle des locomotives ordinaires ; le coefficient α seul n'est pas le même. L'équation de la locomotive compound à deux cylindres est :

$$R = \frac{\alpha p d'^2 l}{2D},$$

et celle de la locomotive compound à quatre cylindres

$$R = \frac{\alpha p d'^2 l}{D},$$

d' = diamètre du grand cylindre ou cylindre à basse pression.

§ 6. — Renseignements divers.

Contrepoids des roues. — On sait que, lorsqu'une locomotive se meut sur des rails, son mouvement de translation est accompagné de mouvements irréguliers et perturbateurs qui nuisent à la stabilité de la machine. On attribue ces mouvements à deux causes principales :

1° L'obliquité de la bielle, qui tend à produire le mouvement de *galop*, et qui, sans la rigidité de la chaudière, produirait le mouvement de *roulis ;*

2° L'inertie des masses soumises à un mouvement relatif dans le système général de la machine, donnant naissance à des forces qui tendent à diminuer dans certaines positions de la manivelle l'adhérence des roues motrices, et, par suite, à les faire patiner ; qui tendent, en outre, à produire un mouvement d'oscillation d'avant en arrière, appelé par Le Chatelier[1] mouvement de *tangage*, et enfin au mouvement d'oscillation latéral connu sous le nom de mouvement de *lacet*.

Les forces perturbatrices peuvent être divisées en deux groupes : les perturbations verticales, qui tendent à faire pivoter la machine autour d'un axe horizontal passant par son centre de gravité, et les perturbations horizontales, qui tendent à la faire tourner autour d'un axe vertical passant par le même point.

Pour équilibrer les perturbations verticales d'une machine à roues libres, il faut placer sur chaque roue motrice à l'opposé de la manivelle

[1] *Étude théorique et pratique des locomotives compound* (*Annales des Mines*, 1894, t. VI).

un contrepoids dont la valeur est donnée par la formule suivante :

$$Q_1 = \left(M + B \cdot \frac{b}{l}\right) \frac{r}{d},$$

dans laquelle : M est le poids de la manivelle supposé concentré au centre du bouton ; B, le poids de la bielle motrice ; L, la longueur de cette bielle ; b, la distance de son centre de gravité à son point d'articulation avec la tige du piston ; r le rayon de la manivelle ; d, la distance du centre de gravité du contrepoids au centre de rotation de la roue.

Pour équilibrer les perturbations horizontales, il suffirait de disposer sur la roue motrice un contrepoids déterminé par la formule :

$$Q_2 = (M + B + P) \frac{r}{d},$$

dans laquelle on a introduit P, le poids du piston et de ses accessoires

Mais le contrepoids Q_2 est toujours plus fort que le contrepoids Q_1, de sorte que, si on voulait détruire entièrement les perturbations horizontales, on ferait naître des perturbations verticales en sens contraire de celles qui existent sans contrepoids. En pratique, on se contente du contrepoids Q_1, qui annule la totalité des perturbations verticales en même temps qu'une partie des perturbations horizontales.

Lorsqu'on équilibre une machine à roues accouplées, il faut appliquer des contrepoids sur toutes les roues accouplées ; la formule à employer pour le poids à répartir sur les roues est alors :

$$Q = \left[nM + B \frac{b}{l} + (n - 1) B' \right],$$

dans laquelle n est le nombre d'essieux accouplés, et B' le poids d'une bielle d'accouplement.

Les conditions d'équilibre dans les machines compound à quatre cylindres, deux intérieurs et deux extérieurs, sont beaucoup plus faciles à obtenir que dans les machines ordinaires, ce qui permet de réaliser de grandes vitesses sans produire des détériorations aux voies[2].

Résistance au démarrage. — Il est très difficile d'évaluer la résistance au démarrage : si l'on se contente d'interposer un dyna-

1 L. Le Chatelier, *Etudes sur la stabilité des machines locomotives en mouvement*, Paris, 1849.

2 M. Nadal a fait une étude spéciale des effets de l'inertie des pièces en mouvement relatif dans les machines compound (*Annales des Mines*, 1894, t. VI, p. 93).

momètre entre la machine et le train, on obtient des résultats fort peu comparables entre eux.

En pratique, on admet que la résistance au démarrage en palier est de 15 à 20 kilogrammes par tonne pour les trains de voyageurs, dont les attelages sont serrés, de 13 kilogrammes par tonne pour les trains de marchandises, parce que le démarrage des véhicules ne se fait que successivement. Toutefois, l'influence du graissage des boîtes, de l'état des rails, les circonstances atmosphériques, peuvent faire varier ces chiffres du simple au double.

Mesure de la surface de chauffe. — *Foyer.* — La surface de chauffe du foyer s'obtient en retranchant du développement de la surface intérieure située au-dessus de la grille, déterminée en négligeant les recouvrements, les têtes de rivets, d'entretoises et de boulons :

1° Pour chaque tube, un cercle de diamètre égal au diamètre intérieur du tube mesuré à son point d'insertion dans la plaque tubulaire, mais sans se préoccuper de la virole, s'il y en a une ;

2° Pour la porte, ou les portes, s'il y en a plusieurs, une surface égale à celle de leur ouverture.

Tubes. — La surface de chauffe des tubes se compte en prenant le développement de leur surface intérieure sur leur longueur totale, y compris les épaisseurs des plaques tubulaires.

La plaque tubulaire de boîte à fumée n'est pas comptée.

On exprime les surfaces de chauffe en mètres carrés, avec deux décimales, c'est-à-dire en décimètres carrés.

Débit d'un injecteur. — Le débit d'un injecteur Giffard peut être représenté par la formule suivante :

$$q = \mathrm{KS}\sqrt{p},$$

dans laquelle : q est le débit en litres par seconde ; K, un coefficient variant de 0,90 à 1 ; S, la section minima du tube divergent en centimètres ; p, la pression effective à la chaudière en kilogrammes par centimètre carré. Pour une chaudière fonctionnant à 9 kilogrammes, avec un injecteur dont le divergent aurait 9 millimètres de diamètre, la formule donnerait $q = 1^{l},7$ à $1^{l},9$ par seconde.

Explosions de chaudières. — Les principales causes des explosions de chaudières sont l'excès de pression, qui provient souvent du mauvais fonctionnement ou du calage des soupapes, et le manque d'eau, qui produit un coup de feu ou une surchauffe des tôles.

Avec une bonne chaudière timbrée à 8, il suffit de vingt minutes de calage des balances ou soupapes pour que la pression atteigne ou dépasse 20 atmosphères, ce qui rend une explosion imminente.

La surchauffe diminue considérablement la résistance des tôles par suite de l'élévation de la température : à 350°, la résistance du cuivre diminue de 25 0/0 ; au rouge, elle diminue de 90 0/0, et une explosion est certaine.

Puissance en chevaux. — La puissance en chevaux a été calculée d'après une formule empirique, basée principalement sur la puissance de vaporisation de la chaudière dont voici l'expression :

$$F = K\sqrt{GCp};$$

F est la force en chevaux ; G, la surface de grille en mètres carrés ; c, la surface de chauffe (en mètres carrés) réduite, c'est-à-dire la surface du foyer directement chauffée, plus 1/3 de la surface tubulaire ; p, la pression de vapeur en kilogrammes par centimètre carré, correspondante au timbre de la chaudière ; K, un coefficient dépendant de la disposition de la machine et dont la valeur est établie ci-dessous pour les principaux types de machines.

	ROUES MOTRICES	
	de 1m,50 ou plus de diamètre	de moins de 1m,50 de diamètre
Machines modernes ou analogues (à grandes grilles et foyers peu profonds, timbres élevés, etc.)...	K = 20	K = 18
Machines à foyers relativement petits, mais profonds.....	K = 24	K = 22

D'autres valeurs de K peuvent être employées, si elles sont motivées par des dispositifs spéciaux des machines.

CHAPITRE XII

TYPES DE LOCOMOTIVES

§ 1. — Locomotives à vapeur.

Classification. — Les locomotives se classent le plus souvent d'après leurs éléments constitutifs ou d'après le service qu'elles doivent assurer.

La classification d'après les éléments constitutifs est basée sur le nombre d'essieux couplés et sur le diamètre des roues motrices ; on complète la désignation, s'il y a lieu, par les mots *compound* ou à *bogie* ou par toute autre expression propre à caractériser le type considéré. C'est ainsi que l'on dit : *machine compound et à bogie, à 2 essieux couplés et à roues de* 1m,800 *de diamètre.*

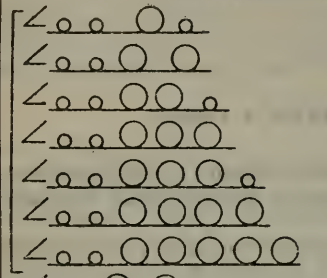
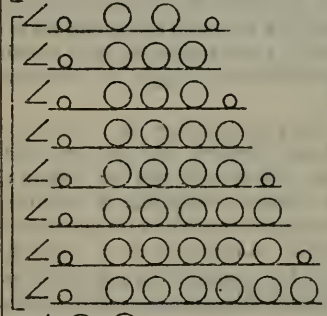
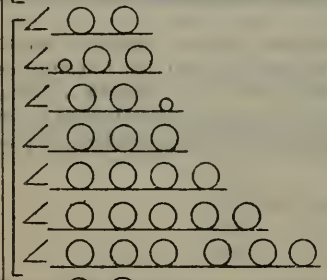
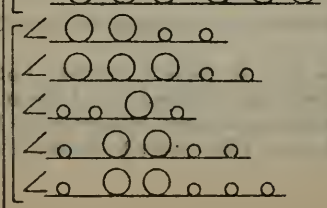
Pour simplifier ces définitions un peu longues, on a adopté, en Amérique, la classification dite *Whyte's System*, qui est reproduite à la page suivante et où les types sont définis soit par un schéma, soit par un nom, soit par un symbole chiffré indiquant le nombre des roues de chaque espèce (porteuses avant, — motrices ou accouplées —, porteuses arrière). Cette classification commence à se répandre en Europe où l'on désigne couramment les locomotives par les noms de la classification américaine : pacifique, atlantique, mogul, consolidation, etc.

Ainsi que le fait remarquer M. Marcel Japiot, ingénieur au Corps des mines, dans une étude fort intéressante sur les *Chemins de fer américains*, cette notation est préférable à la notation allemande, qui consiste à représenter chaque type par une fraction dont le numérateur est le nombre d'essieux couplés et le dénominateur le nombre total d'essieux ; c'est ainsi que :

4-4-2 s'énonce	par	2/5
4-6-0	—	3/5
2-8-0	—	4/5

Il peut en résulter des confusions : par exemple, le type 2-6-2 s'énonce 3/5 comme le type 4-6-0.

Quelques-uns des types désignés dans le tableau suivant ont été peu usités ; par contre, d'autres types non indiqués au tableau ont été créés récemment ; tels sont ceux des machines françaises de banlieue des Compagnies du Nord (4-4-4), de l'Est et du P.-L.-M. (4-6-4).

CLASSES	SCHÉMAS de la disposition des roues	TYPES	SYMBOLES
Machines avec truck ou bogie		à un essieu moteur	4-2-2
		américain	4-4-0
		atlantique	4-4-2
		à 10 roues	4-6-0
		pacifique	4-6-2
		à 12 roues	4-8-0
		mastodonte	4-10-0
Machines avec bissel ou essieu porteur		columbia	2-4-2
		mogul	2-6-0
		prairie	2-6-2
		consolidation	2-8-0
		mikado	2-8-2
		decapode	2-10-0
		Santa-Fé	2-10-2
		centipède	2-12-0
Machines de manœuvres		4 roues	0-4-0
		2 essieux couplés	2-4-0
		2 essieux couplés	0-4-2
		3 essieux couplés	0-6-0
		4 essieux couplés	0-8-0
		5 essieux couplés	0-10-0
		12 roues articulées	0-6-6-0
Machines type Forney		Forney original	0-4-4
		Forney 3 essieux couplés	0-6-4
		Forney à un seul essieu moteur	4-2-2
		Forney mogul	2-4-4
		Forney banlieue	2-4-6

Pour les locomotives articulées, dit M. Marcel Japiot, il convient de modifier la notation américaine, parce qu'elle n'est ni logique ni générale : pour une machine du système Mallet à 6 essieux couplés en 2 groupes de 3, les Américains ont adopté la notation 0-6-6-0 ; d'après cela, il est impossible de désigner une machine telle que le type 6121 du Nord, qui possède des essieux porteurs entre les groupes d'essieux couplés. Il vaut mieux noter séparément chaque groupe d'essieux montés sur le même châssis, comme s'ils constituaient une machine distincte : la locomotive Mallet américaine s'écrira : (0-6-0) — (0-6-0), et la machine 6121 Nord : (0-6-2) — (2-6-0).

En ce qui concerne le service qu'elles font, les locomotives peuvent se diviser en quatre grandes catégories :

1° Les locomotives à grande vitesse ;

2° Les locomotives destinées à remorquer les trains directs ou omnibus, ou les trains sur des sections de ligne à forte rampe ;

3° Les locomotives à marchandises ;

4° Les locomotives destinées à remorquer les trains de banlieue.

Locomotives à grande vitesse. — En France, les trains de grande vitesse étaient, jusque dans ces dernières années, remorqués généralement par des locomotives à 4 roues couplées, soit ordinaires, soit compound. Les 2 essieux moteurs sont à l'arrière et le dernier essieu se trouve ou sous la boîte à feu ou en arrière de celle-ci. L'avant de la locomotive repose sur un essieu porteur ou sur un bogie. On trouve également sur le réseau de P.-L.-M. et sur le réseau d'Orléans des locomotives à 4 essieux, 2 moteurs accouplés au milieu et 2 porteurs, l'un en avant et l'autre en arrière ou sous la boîte à feu. Généralement, dans ces dernières machines, l'essieu d'avant et quelquefois aussi l'essieu d'arrière ont un jeu latéral pour faciliter la circulation dans les courbes.

L'augmentation continue de la puissance de vaporisation des locomotives nécessitant une augmentation corrélative du poids adhérent, c'est-à-dire de la charge des essieux accouplés, les Compagnies françaises, pour rester dans des limites acceptables de poids par essieu, ont été conduites à mettre en service un certain nombre de machines à grande vitesse à 3 essieux accouplés.

Les cylindres sont tantôt intérieurs, tantôt extérieurs ; à l'Est et au Midi, ils sont extérieurs, mais placés vers le milieu de la machine, et c'est l'essieu d'arrière qui se trouve actionné par le piston.

Dans la plupart de ces machines, la charge sur les essieux moteurs atteint 15 tonnes ; dans les machines de construction récente, elle dépasse même 17 tonnes.

La longueur des tubes varie entre $3^m,80$ et $5^m,50$.

Le type Crampton, caractérisé par un essieu moteur indépendant placé à l'arrière de la boîte à feu, n'est plus employé en France. Ce

type, excellent à bien des points de vue, a dû être abandonné par suite de l'impossibilité d'augmenter, dans des conditions convenables et suffisantes pour les charges à remorquer, le poids adhérent. La charge maximum qu'il est possible d'obtenir sur l'essieu moteur n'est que d'environ 13 tonnes, ce qui est insuffisant.

La nécessité de construire des locomotives aussi puissantes que possible conduit les Compagnies à remplacer leurs types nombreux et variés de locomotives anciennes par des types nouveaux présentant plus d'uniformité [1].

Parmi les moyens employés pour augmenter la puissance des locomotives, il convient de citer l'application de surchauffeurs de vapeur, notamment ceux du système Schmidt, très répandu déjà en Allemagne.

Nous citerons aussi les locomotives avec chaudières à tubes d'eau (systèmes Robert, Brotan), dont le principal avantage est de supprimer l'emploi des tubes à fumée et, par suite, celui des plaques tubulaires et des entretoises de foyer, éléments dont l'entretien est si coûteux dans les chaudières ordinaires, surtout quand l'eau d'alimentation est, comme en Algérie par exemple, fortement chargée de sels calcaires qui se déposent bientôt en couches épaisses sur les plaques, les tubes à fumée et dans les intervalles des entretoises.

En Angleterre, la locomotive à grande vitesse est caractérisée d'abord par des tubes courts (3m,50 au maximum), une grille de petite surface (1m,90 au maximum) et un foyer profond. Les deux essieux accouplés sont placés à l'arrière et la boîte à feu est toujours comprise entre ces deux essieux. L'avant de la machine repose sur un bogie ayant un mouvement transversal; quelques Compagnies emploient à l'avant un essieu porteur avec ou sans jeu latéral au lieu du bogie, mais on peut dire que le nombre en est très limité.

Sauf une Compagnie, toutes les autres emploient des cylindres intérieurs.

La charge par essieu atteint 15 tonnes au moins.

Un certain nombre de Compagnies anglaises emploient aussi pour la traction des express des locomotives à roues indépendantes de grand diamètre. L'essieu moteur est placé sous la chaudière, un essieu porteur à l'arrière de la boîte à feu et un bogie à l'avant. Dans ce cas, la charge de l'essieu moteur atteint 17 tonnes, les cylindres sont intérieurs. Le poids adhérent est suffisant pour remorquer en pleine voie des trains de 150 tonnes, non compris la machine, à la vitesse de 80 kilomètres à l'heure; mais, lorsque les rails sont gras, le démarrage devient difficile et il faut avoir recours au sable. En Angleterre, où les trains

1 Voir, à ce sujet, une décision ministérielle du 4 mai 1901 instituant une *Commission d'unification du matériel roulant des chemins de fer* et les *Instructions* adressées par le Ministre des Travaux publics au Président de cette Commission (*Journal officiel* du 16 mai 1901).

express sont fréquents et, par suite, légers, ces locomotives sont très appréciées et rendent de grands services.

Dans l'Allemagne du Nord, les locomotives express se rapprochent beaucoup du type anglais à 2 essieux couplés, sauf que les cylindres sont toujours extérieurs avec distribution généralement intérieure. Dans ces dernières années, un certain nombre de locomotives express ont été construites avec un bogie à l'avant.

Nous citerons encore les locomotives à grande vitesse de la Société autrichienne des chemins de fer de l'État, dont le type est le même que celui de la Compagnie d'Orléans ; les locomotives du chemin de fer du Sud de l'Autriche, qui reposent sur 2 essieux moteurs à l'arrière et un bogie à l'avant.

Les locomotives express américaines ont également 2 essieux couplés à l'arrière et un bogie, avec mouvement transversal, à l'avant. Un autre type, assez répandu, comporte un 5e essieu, simplement porteur, placé à l'arrière. Les cylindres sont toujours extérieurs avec boîte à tiroir placée au-dessus ; les excentriques sont toujours à l'intérieur et le mouvement de tiroir est obtenu par un renvoi de sonnette. Le châssis, au lieu d'être, comme en Europe, formé de plaques de tôle, est formé de barres de section carrée, soit soudées ensemble, soit reliées au moyen de boulons. Les tubes sont généralement courts, comme en Angleterre. Quant à la boîte à feu et à la grille, les dimensions en sont très variables, suivant le combustible qu'on doit brûler. Dans certaines machines du type Atlantique (2 essieux couplés, bogie à l'avant, essieu porteur à l'arrière) la charge par essieu moteur atteint 25 tonnes. L'axe de la chaudière est généralement très élevé, 2m,63 au-dessus des rails. Le poids total de la machine dépasse 60 tonnes.

Locomotives pour trains directs ou omnibus ou pour lignes de forte rampe. — La tendance est de spécialiser de moins en moins le service des machines et d'employer les mêmes locomotives pour la traction des différents trains, soit express, soit directs, soit omnibus. Cette tendance peut s'expliquer d'autant mieux que la vitesse de ces derniers s'accroît de jour en jour pour se rapprocher de la vitesse des express. La différence ne se trouve guère que dans les arrêts plus nombreux, qui diminuent aussi ce qu'on appelle la *vitesse commerciale*.

Les types dont nous venons de parler, employés à la traction des express, servent donc également à remorquer les autres trains de voyageurs.

Cependant, certains types différents ont été créés. Ainsi, outre les précédents, dans lesquels on diminue quelquefois le diamètre des roues motrices dans le but d'en augmenter la puissance, on trouve des locomotives à 2 essieux couplés à l'avant de 1m.80 de diamètre, avec essieu porteur à l'arrière et cylindres le plus souvent intérieurs. Ce type, excellent pour des vitesses de 60 à 70 kilomètres à l'heure, a l'avantage

de permettre de diminuer le poids total de la machine sans diminuer le poids adhérent, puisqu'il dispense de mettre à l'arrière un poids mort qui est souvent nécessaire avec l'autre type, dans le but de maintenir un poids adhérent suffisant à l'arrière.

Lorsque les charges à remorquer sont considérables ou qu'il s'agit de remorquer des trains sur des sections à forte rampe, on emploie des locomotives à 3 essieux couplés de 1m.60 à 1m,70 de diamètre avec cylindres extérieurs ou intérieurs. Souvent même, l'avant de la machine repose sur un essieu porteur ou sur un bogie.

Ce type de locomotive à 3 essieux couplés et essieu porteur ou bogie à l'avant est très largement employé en Amérique, pour la remorque des trains de vitesse lourdement chargés ou sur les sections à forte rampe.

Locomotives à marchandises. — La traction des trains de marchandises se fait au moyen de locomotives à 3, 4, 5 ou même 6 essieux couplés (cas des machines du Nord à 2 trucks moteurs de 3 essieux). Le diamètre des roues varie entre 1m,65 et 1m,30; il descend quelquefois à 1 mètre, mais ce n'est qu'exceptionnellement. Généralement, les essieux moteurs sont sous le corps de la chaudière et la boite à feu en porte-à-faux, ce qui, dans ce cas, n'a qu'un faible inconvénient, les vitesses des trains étant faibles. Les cylindres sont extérieurs, ainsi que la distribution, sauf quelques locomotives où la distribution est maintenue à l'intérieur.

Le poids sur chaque essieu varie entre 12 et 17 tonnes, et le poids total de la machine est d'environ 50 tonnes lorsqu'il y a 4 essieux, et de 35 à 39 tonnes lorsqu'il y a 3 essieux.

Les ingénieurs anglais n'emploient pas de locomotives à marchandises à 4 essieux. Toutes ces machines sont à 3 essieux couplés avec l'essieu arrière derrière la boite à feu : les cylindres sont toujours intérieurs. Comme,en Angleterre, les trains de marchandises marchent à une vitesse assez grande et sont relativement peu chargés ; on donne un assez grand diamètre aux roues motrices.

Locomotives de banlieue. — Les locomotives destinées à remorquer les trains de banlieue sont généralement des machines tenders.

Certaines de ces machines ont 2 essieux moteurs à l'arrière avec essieu porteur à l'avant et cylindres intérieurs (Nord, Ouest) ; quelquefois, l'essieu porteur avant est remplacé par un bogie, comme dans la nouvelle locomotive du Nord qui possède d'ailleurs aussi un bogie à l'arrière.

D'autres, comme à l'Est, ont 3 essieux couplés sous la chaudière et 1 essieu porteur avec jeu latéral à l'arrière de la boite à feu.

Les Compagnies de l'Ouest et de P.-L.-M. ont en construction des machines-tenders de banlieue à 3 essieux couplés compris entre deux

bissels (Ouest) ou entre deux bogies (P.-L.-M.). L'Est possède déjà des machines-tenders de ce dernier type.

En Angleterre, les trains de banlieue sont généralement remorqués par des machines tenders ayant deux roues couplées à l'avant et un bogie avec jeu transversal à l'arrière ; les cylindres sont intérieurs. Quelques Compagnies emploient des locomotives tenders avec cylindres intérieurs, 2 essieux couplés au milieu et 1 essieu porteur radial à l'avant et à l'arrière.

Les locomotives du métropolitain de Londres ont 2 essieux couplés à l'arrière, 1 bogie à l'avant et les cylindres extérieurs sont inclinés.

Les caisses à eau sont généralement placées sur le côté de la chaudière et le charbon en arrière de la boîte à feu.

Les machines destinées au service des gares sont le plus souvent des machines tenders à 3 essieux couplés, et leur disposition est à peu près la même que celle des locomotives de banlieue.

§ 2. — Locomotives de systèmes divers.

Locomotives à crémaillère. — Avant de terminer, il est intéressant de dire quelques mots des locomotives à crémaillère, dont l'emploi tend de plus en plus à se développer dans les régions montagneuses.

L'effet utile des locomotives, c'est-à-dire le poids remorqué par celles-ci, diminue dans une forte proportion à mesure que la rampe augmente. Ainsi, avec un coefficient d'adhérence de 1/7, la charge remorquée n'est plus que le double du poids adhérent de la machine pour une rampe de 41 millimètres par mètre, et la locomotive ne remorque plus que son poids sur une rampe de 63 millimètres.

Or, dans les pays de montagne, il peut y avoir intérêt à construire des chemins de fer avec des rampes très fortes, dans le but soit de rendre le chemin de fer possible, soit de diminuer les frais de premier établissement et de rémunérer les capitaux engagés.

Nous citerons, dans la première catégorie, les chemins de fer de montagne construits dans ces dernières années un peu partout, mais notamment en Suisse, où la ligne du Righi, avec rampes de 250 millimètres par mètre, a été le premier exemple de chemin de fer à crémaillère en Europe. Le chemin de fer du mont Pilate, près de Lucerne, est établi avec des rampes de 400 millimètres par mètre.

Dans la seconde catégorie, nous citerons, comme exemple, la ligne en construction, à voie de 1 mètre et rampes de 80 millimètres, du chemin de fer transandin, qui, en traversant la Cordillère des Andes, doit réunir l'océan Atlantique avec le Pacifique.

On a donc étudié le moyen d'accroître les limites de l'adhérence et on a créé le chemin de fer à crémaillère.

Ce système consiste à établir dans l'axe de la voie une *crémaillère*

formée soit de fers en U fixés aux traverses et dont les montants verticaux retiennent les échelons, formés de fers de section trapézoïdale (système Riggenbach), soit de plusieurs lames d'acier parallèles dont la face supérieure est munie de dents croisées et fixées dans des coussinets boulonnés sur les traverses (système Abt).

Avec cette crémaillère vient s'engrener un pignon fixé au bâti de la locomotive et mis en mouvement par les cylindres de celle-ci.

La rampe à partir de laquelle la crémaillère devient applicable est assez difficile à fixer et dépend d'une foule de circonstances spéciales; on peut, néanmoins, admettre qu'à partir de 40 à 50 millimètres par mètre il y a avantage à employer ce système; toutefois, cela dépend beaucoup du trafic de la ligne.

La crémaillère peut être établie sur toute la longueur ou sur certaines parties seulement de la ligne. De là deux catégories : le chemin de fer entièrement à crémaillère et le chemin de fer mixte à crémaillère et adhérence.

Les locomotives à crémaillère destinées à remorquer les trains peuvent également se diviser en plusieurs catégories :

1° Les locomotives dans lesquelles on renonce franchement à se servir de l'adhérence pour la traction et où les roues porteuses sont folles sur les essieux et où la roue dentée supporte tout l'effort de traction. Comme exemple de ce système, nous citerons les machines du Righi, de Vitznau-Righi et du mont Pilate.

2° Les locomotives où on fait contribuer les roues porteuses au travail de la traction, en utilisant leur adhérence; dans ce cas, elles sont calées sur leur essieu et suivent le mouvement de la roue dentée, qui ne supporte plus qu'une fraction plus ou moins grande de l'effort total de traction. C'est alors une machine mixte à un seul mécanisme pouvant marcher soit par adhérence seule, soit par adhérence et crémaillère. Dans ce cas, la roue dentée et les roues porteuses, liées ensemble, doivent avoir le même diamètre. Nous citerons comme exemple de ce type de machine : les locomotives à crémaillère d'Ostermundigen, de Wasseralfingen, de Friederichssegen à la Lahn, de Langres et du Brünig.

En général, ces machines sont portées par deux essieux ; les cylindres sont extérieurs et commandent par bielles et manivelles un arbre auxiliaire. Sur cet arbre sont calés, symétriquement par rapport à l'axe de la machine, deux pignons engrenant avec deux autres roues dentées de plus grand diamètre, accolées symétriquement de part et d'autre de la roue dentée motrice. L'axe de cette roue, à son tour, transmet son mouvement par bielles et manivelles aux roues porteuses.

Le rapport des vitesses entre l'arbre intermédiaire et les roues motrices est généralement de 1,75.

Dans le même ordre d'idées, M. Abt a créé, vers 1885, un autre type qui comprend deux mécanismes moteurs distincts. Les roues à adhé-

rence sont commandées par deux cylindres extérieurs et les roues dentées motrices, généralement au nombre de deux, par deux autres intérieurs. On peut donc obtenir dans les parties sans crémaillère la vitesse que l'on désire, sans être gêné, comme dans le type précédent, par la connexion des deux systèmes à adhérence et crémaillère.

Cet avantage se traduit par une grande complication et une augmentation du poids des locomotives.

Lorsque ces dernières machines sont destinées à remorquer des trains lourds, elles sont supportées par 3 essieux couplés et 1 essieu porteur à l'arrière disposé en bissel. Le poids de quelques-unes de ces machines atteint 55 tonnes.

Nous citerons comme exemple de ces machines : les locomotives des chemins de fer de Blankenburg à Tanne, de Viège à Zermatt, de Lehesten à Œrstelbruch, de Dicophto à Calavryta et de l'Hollenthal.

Sur ces lignes à fortes pentes, les freins ont une importance capitale et ils doivent être simples, puissants et sûrs. Dans ce but, on emploie les freins à friction, qui se composent d'une poulie fixée sur l'essieu moteur et que peuvent venir enserrer deux mâchoires manœuvrées par le mécanicien à l'aide de tringles et leviers.

On se sert également du frein à air comprimé Riggenbach, qui permet de descendre avec une sécurité absolue les pentes les plus fortes. En fermant le robinet d'évacuation de l'air comprimé par le piston, on peut arrêter le train presque instantanément.

Traction électrique. — Depuis 1895, la traction électrique tend à se développer sur les grands chemins de fer dans une grande proportion, et on en a fait des applications assez importantes (Compagnie d'Orléans, de Paris-quai d'Orsay à Juvisy ; Compagnie de l'Ouest, de Paris-Invalides à Versailles; lignes de la Valteline (Italie), de la Mure (Isère). Des locomotives sont employées sur ces lignes et les choses sont ordinairement disposées comme elles le sont sur les grands tramways américains, toutefois avec des moteurs beaucoup plus puissants.

Ces locomotives électriques conviennent parfaitement pour des trains marchant à une vitesse sensiblement constante, mais elles n'offrent en rien la souplesse de la locomotive à vapeur, qui, grâce à la coulisse de Stephenson, peut marcher avec un rendement excellent dans des limites de vitesse très étendues. Avec le système de régulation employé sur les locomotives électriques, on se borne à avoir deux, quelquefois trois crans de marche pour lesquels le rendement est très bon ; mais, pour tous les autres crans intermédiaires, on est obligé de faire usage de résistance pour régler la vitesse, et on perd une quantité plus ou moins grande d'énergie.

Sur les lignes secondaires, où le problème est tout différent, on emploie des moteurs appropriés au profil et aux charges à remorquer, généralement assez faibles. On a mis en service depuis peu, avec

avantage, des voitures automotrices qui prennent leur courant sur la ligne par un trolley, ou sur un troisième rail, qui peuvent s'accoupler les unes aux autres de manière à former un train complet, et qui sont munies chacune d'un régulateur permettant de gouverner le moteur de la voiture où se trouve le mécanicien du train.

Le Congrès des Chemins de fer de 1900 a constaté que les progrès réalisés dans la traction électrique permettaient de l'introduire sur certaines lignes de chemins de fer placées dans des conditions spéciales, soit techniques, soit économiques, mais qu'on ne pouvait considérer le problème de cette application comme résolu pour répondre à toutes les nécessités de l'exploitation, surtout quand il s'agit de remorquer des trains lourds à grande vitesse sur de longs parcours.

Voitures automotrices. — L'emploi des voitures automotrices a été jusqu'ici très limité sur les chemins de fer, mais il semble qu'il y aurait intérêt à en développer l'emploi pour déterminer les services qu'elles peuvent rendre, non seulement sur les lignes à faible trafic, mais même sur les lignes à circulation active (Congrès des Chemins de fer de 1900).

L'État belge possède des voitures automotrices électriques.

Les usines Baldwin, de Philadelphie, construisent des voitures à vapeur à bogie.

Les chemins de fer italiens emploient des voitures automotrices électriques et des voitures à vapeur.

Le Nord français, le P.-L.-M. et l'Orléans emploient des voitures à vapeur et des voitures électriques.

Les chemins de fer P.-L.-M. ont un service régulier par automotrice à vapeur (système Purrey et système Serpollet) sur la ligne d'Alais à l'Ardoise (58 kilomètres) et sur quelques autres petites lignes. Les chemins de fer de Paris à Orléans ont en service des voitures du même système. (*Revue des ch. de fer*, juillet 1903.)

Les chemins de fer P.-L.-M. exploitent la ligne du Fayet à Chamonix avec rampe de 90 millimètres par mètre au moyen de voitures automotrices électriques par adhérence. (*Revue des ch. de fer*, août 1900 et avril 1902.)

Les chemins de fer du Wurtemberg emploient des voitures à essence (Daimler) et à vapeur (Serpollet).

Les chemins de fer du Palatinat et ceux du Grand-Duché de Bade ont des voitures automotrices à accumulateurs.

Un tracteur à vapeur système Leblanc est en usage au chemin de fer d'intérêt local de Vienne[1].

[1] On trouvera des renseignements complets sur plusieurs de ces voitures dans les *Comptes rendus des Congrès des Chemins de fer.*

QUATRIÈME PARTIE

MATÉRIEL DE TRANSPORT

Préliminaires. — Le matériel de transport se compose de *voitures* destinées au transport des voyageurs, de *fourgons* et de *wagons* affectés au transport des marchandises.

Les voitures ou wagons sont formés de deux éléments : 1° le *train*, comprenant le châssis proprement dit, les essieux, les roues, les boîtes à graisse, les ressorts et les appareils d'attelage ; 2° la *caisse*.

CHAPITRE XIII

TRAIN OU CHASSIS

§ 1. — Caractères généraux.

Le matériel roulant des chemins de fer se distingue de celui en usage sur les routes par les caractères généraux suivants :

1° Application de mentonnets ou boudins aux bandages de roues, afin de maintenir celles-ci dans la voie ;

2° Calage des roues sur les essieux, en vue de donner plus de solidité à l'ensemble de l'essieu et des deux roues ;

3° Conicité des bandages, pour racheter la différence des parcours effectués par chaque roue, dans les courbes, et maintenir le véhicule dans l'axe de la voie en alignement droit ;

4° Parallélisme plus ou moins absolu des essieux, dans un but de simplification et de solidité ;

5° Position des roues sous les caisses qui débordent latéralement, ce qui permet de leur donner la plus grande largeur possible ;

6° Application de la charge sur des fusées extérieures aux roues ; on a ainsi une plus grande stabilité.

§ 2. — Châssis.

On substitue presque partout, au moins pour les brancards ou longerons, le fer ou l'acier au bois. Il n'est pas douteux que l'emploi du fer augmente sensiblement le poids mort du véhicule ; mais il augmente en même temps la solidité et la durée, tout en diminuant le prix de revient. L'emploi de l'acier, qui présente les mêmes avantages que le fer, avec cette supériorité qu'on peut, pour obtenir la même résistance, diminuer la masse du métal, semble donc s'imposer, aujourd'hui qu'on est arrivé à fabriquer des aciers très homogènes.

Pour les voitures à voyageurs, certaines Compagnies, notamment en Angleterre, préfèrent toutefois les châssis en bois. Avec ceux-ci et les roues Mansell, à centre en bois, elles prétendent obtenir un roulement plus doux et moins de sonorité.

Depuis quelques années, on construit des châssis de wagons en tôle emboutie ; on en fait aussi en fers creux, c'est-à-dire de forme tubulaire.

§ 3. — Essieux.

Parties de l'essieu. — Dans un essieu, on considère trois parties : les *fusées*, sur lesquelles porte la charge : les *portées de calage*, où sont fixées les roues ; le *corps* de l'essieu, partie qui est entre les roues.

Efforts. — Les essieux, lorsqu'ils sont en mouvement, se trouvent soumis à des efforts qui peuvent être classés en cinq groupes :

1° Efforts de flexion dus à ce que la charge portant sur les fusées ne passe pas par les points d'appui des roues sur les rails ;

2° Efforts de cisaillement au droit des mêmes points ;

3° Efforts de flexion résultant des chocs des boudins sur les rails ;

4° Efforts de torsion provenant de la résistance au roulement appliquée à la jante des roues ;

5° Efforts de torsion dus aux parcours sur les courbes.

Quelques-uns de ces efforts peuvent être déterminés par le calcul, mais il en est qui échappent à toute analyse, et ne peuvent être évalués même approximativement ; tels sont les chocs des rails sur les boudins.

En raison de la rotation de l'essieu, ces efforts agissent constamment en des points différents ; les fibres de l'essieu sont alternativement tendues et comprimées par suite des efforts de flexion dus à l'application de la charge. Cette répétition d'efforts alternatifs diminue considérablement la résistance des essieux après un certain parcours, ainsi que l'ont montré les expériences de Wœlher [1]. C'est pour cela que

1 Couche, *Voie, matériel roulant et exploitation technique des chemins de fer*, t. II, p. 121.

les Compagnies de chemins de fer mettent au rebut d'office les lots d'essieux ayant un certain temps de service, lorsque ces lots commencent à présenter des cas de rupture.

Dimensions. — Les dimensions des essieux sont déterminées par des règles pratiques desquelles on déduit non seulement le diamètre que doit avoir la fusée pour résister à la charge qu'elle doit porter, mais encore la surface qu'elle doit présenter, eu égard à cette charge, pour que la matière lubrifiante interposée entre la fusée et le coussinet ne soit pas expulsée par la pression.

Charge limite au point de vue du graissage. — Soient :

r, le rayon de la fusée, en millimètres ;
l, sa longueur, en millimètres ;
P, la charge reposant sur la fusée, en kilogrammes.

Appelons p la pression par centimètre carré qu'il ne faut pas dépasser pour maintenir un bon graissage, et K la portion de la surface du coussinet reposant sur la fusée, on aura :

$$P \leq \frac{K(2r \times l)}{100} \times p.$$

On compte généralement sur une valeur de p égale à 15 ou 20 kilogrammes par centimètre carré pour les véhicules à grande vitesse et sur 20 à 30 kilogrammes pour les véhicules à petite vitesse.

C'est ainsi qu'un essieu ayant une fusée de 100 millimètres de diamètre, 200 millimètres de longueur, avec un coussinet dont la portée occupera les 0,85 de la surface de la fusée, pourra être chargé, sans crainte de chauffage, de :

$$P_1 = \frac{0{,}85 \times 100 \times 200 \times 30}{100} = 5.100 \text{ kilogrammes en petite vitesse}$$

$$P_2 = \frac{0{,}85 \times 100 \times 200 \times 20}{100} = 3.400 \text{ kilogrammes en grande vitesse.}$$

Charge limite au point de vue de la flexion. — On peut considérer la fusée comme un solide encastré à une de ses extrémités et libre à l'autre ; les conditions de résistance de ce solide sont données par la formule classique :

$$X = \frac{RI}{V},$$

dans laquelle on a :

le moment de flexion : $X = \frac{Pl}{2}$;

le moment d'inertie : $I = \frac{\pi r^4}{4}$

la plus grande distance à la fibre moyenne : $V = r$;
l'effort par millimètre carré de section de la fusée : R.

On a donc :

$$\frac{Pl}{2} = R \times \frac{\pi r^4}{4} \times \frac{1}{r} = \frac{\pi R r^3}{4},$$

d'où :

$$P = \frac{\pi R r^3}{2l} \qquad \text{et} \qquad r = \sqrt[3]{\frac{2Pl}{\pi R}}.$$

On fait généralement $l = 4r$, de sorte qu'il est facile, à l'aide des formules précédentes, de déterminer P, si l'on connait r et l, ou, inversement, de déterminer r et l, si l'on connait P.

En prenant les essieux de l'exemple précédent, et en admettant que l'on fasse travailler le métal à 5 kilogrammes par millimètre carré pour la petite vitesse et à $3^{kg}.500$ pour la grande vitesse, ce qui donne toute sécurité, on aurait :

$$P_3 = \frac{3,14 \times 5 \times \overline{50}^3}{200 \times 2} = 4.901 \text{ kilogrammes en petite vitesse ;}$$

$$P_4 = \frac{3,14 \times 3.5 \times \overline{50}^3}{200 \times 2} = 3.434 \text{ kilogrammes en grande vitesse.}$$

Dans chaque cas, on choisit le plus petit des deux nombres P_1 ou P_3 et P_2 ou P_4 ; en petite vitesse, l'essieu en question sera chargé à 4.901 kilogrammes (on a trouvé 5.100 pour la résistance au chauffage), et, en grande vitesse, à 3.400 kilogrammes (au lieu de 3.434, chiffre trouvé pour la résistance à la flexion).

Pour les essieux supportant une charge variant entre 5 et 10 tonnes, c'est-à-dire $2^T,5$ à 5 tonnes par fusée, les dimensions des fusées varient entre 85 millimètres et 130 millimètres de diamètre sur 170 à 280 millimètres de longueur ; le diamètre au milieu varie entre 120 et 160 millimètres : le diamètre à la portée de calage varie entre 150 et 200 millimètres.

Écartement des essieux. — L'écartement des essieux descend rarement au-dessous de 3 mètres ; il atteint $5^m.50$ et $5^m.70$ pour les voitures à deux essieux de dimensions ordinaires.

Pour les voitures à trois essieux, dont le nombre se développe, sinon en France, du moins à l'étranger et notamment en Angleterre, l'espacement varie entre $5^m,60$, $7^m,250$ et $8^m,300$.

Enfin, lorsqu'il s'agit de voitures très longues qui nécessitent l'emploi de quatre essieux et plus, on a recours aux bogies, au centre de chacun desquels repose la caisse. Chaque truck ou bogie se compose de

deux ou trois essieux et peut pivoter autour de son centre en permettant alors aux essieux de prendre la position radiale. Dans ce cas, l'espacement des essieux extrêmes peut atteindre 14 mètres et même 17m,70, comme dans les voitures à bogies de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée dont la longueur de caisse est de 20m,56.

Dans le matériel à marchandises, le nombre des essieux est également réduit à deux, sauf pour certains transports spéciaux exigeant, par leur masse indivisible, plus de quatre points d'appui sur la voie; pour la facilité des manœuvres sur plaques tournantes dans les gares, leur écartement extrême varie en général de 2m,50, minimum accepté par la Conférence de Berne pour le matériel en construction, à 3m,50; mais il dépasse notablement cette cote sur les wagons de grande capacité que l'on construit de plus en plus aujourd'hui. Ces wagons ne pouvant pas tourner sur les plaques, leur longueur n'est plus limitée par le diamètre de celles-ci.

Essieux convergents. — Divers systèmes plus ou moins ingénieux, mais aussi plus ou moins compliqués, ont été étudiés pour faciliter la circulation dans les courbes de ces longues voitures à essieux parallèles. Les Allemands ont étudié les *Lenkachsen*, où la convergence des essieux est obtenue par différents systèmes de balanciers reliant ensemble les essieux pour les obliger à prendre une position radiale[1]. Ce système, adopté par le *Verein*, est appliqué à un certain nombre de voitures du réseau allemand; mais, à la suite d'expériences faites en Hollande et sur le réseau de l'Alsace-Lorraine, il a été reconnu qu'en laissant un certain jeu entre les boîtes à huile et les plaques de garde on obtenait une radialité suffisante et une très grande stabilité des voitures même aux très grandes vitesses.

C'est à ce dernier système qu'on s'arrête généralement aujourd'hui en ménageant un jeu parallèle et transversal à l'essieu.

Lorsqu'il s'agit de voitures à trois essieux, l'essieu du milieu seul a du jeu et les deux essieux extrêmes sont fixes.

§ 4. — Roues.

La roue se compose, le plus souvent, d'un corps de roue calé sur l'essieu et d'un *bandage* appliqué sur le corps de roue avec ou sans interposition d'un faux cercle entre le bandage et la jante du corps de roue.

Bandages. — Le bandage des roues d'une épaisseur variant entre 55 et 75 millimètres porte une saillie, mentonnet ou boudin, de 0m,030 environ de hauteur, suffisante pour les maintenir sur la voie.

[1] Voir *Revue des Chemins de fer*, août et septembre 1888.

Les bandages sont en acier fondu Bessemer ou Martin. Le métal doit résister à un effort de traction qui varie entre 50 et 55 kilogrammes par millimètre carré avec allongement de 18 à 20 0/0. D'après M. Vicker, un acier plus dur serait préférable, il indique l'acier résistant à 75 kilogrammes. Au moment de la réception, on soumet les bandages à une épreuve par choc qui consiste à laisser tomber d'une certaine hauteur sur le bandage un mouton. Le poids du mouton varie entre 600 et 1.000 kilogrammes et la hauteur de chute entre 4m,50 et 5 mètres. Le bandage doit supporter ce choc un certain nombre de fois sans rupture, ni criques, ni fissures. On soumet enfin celui-ci à des essais de trempe.

En prévision du passage dans les courbes, les bandages sont coniques, de manière à atténuer la différence de parcours fait par les deux roues et à corriger les effets du déplacement latéral dû à la force centrifuge. La conicité est ordinairement de 1/20.

La question de la conicité des bandages est encore très controversée. En Amérique, les bandages ont été longtemps cylindriques et, récemment encore, différents essais ont été faits en Europe avec ce type. Mais, aujourd'hui, les ingénieurs américains font usage de bandages légèrement coniques et les autres essais ne paraissent pas avoir donné de résultats bien concluants. La conicité paraît cependant préférable, au moins dans les courbes.

Pose des bandages. — Le bandage est fretté à chaud : le serrage, c'est-à-dire l'excès du diamètre de la jante sur le bandage, à la température ordinaire, est de 1/7.000 pour le fer ; un serrage plus considérable ferait naître une tension qui pourrait déterminer la rupture du bandage ; pour l'acier, le serrage est même de 75/100.000.

Il existe une grande variété de systèmes de fixation des bandages sur les jantes [1]. Le mode de fixation par attaches ou agrafes continues se développe de plus en plus.

Corps de roues. — Plusieurs systèmes de roues sont en présence. Sur le matériel à marchandises ancien, on voit encore des roues à moyeu en fonte avec rayons pliés (Kelcom), mais les roues généralement employées aujourd'hui sont à moyeu et rayons en fer soudés au pilon (Arbel) ou à la presse hydraulique (Brunon), ou encore des roues pleines en fer ou acier. Les roues en fonte coulées en coquille, longtemps proscrites par quelques Compagnies de chemins de fer, ont été admises, sous certaines réserves, par la Conférence de Berne [1]. Sur le matériel à voyageurs, les roues à rayons ayant l'inconvénient de soulever des tourbillons de poussière, on leur préfère des roues pleines, en fer ou en acier fondu, avec âme plane ou ondulée. On a

[1] Voir, dans la *Revue des Chemins de fer* d'avril 1891, une étude complète sur ce sujet.

reproché aux roues pleines leur poids et leurs vibrations bruyantes ; sur les chemins de fer anglais, on remédie à ces inconvénients par l'emploi des roues Mansell, à centres en bois de teck. En France, ces inconvénients sont évités avec les roues à rais et à toile plane dites antipoussières.

L'écartement des roues des essieux, la largeur et l'épaisseur des bandages, l'écartement extérieur des boudins, leur hauteur, le jeu qu'ils présentent dans la voie sont soumis à des maxima et à des minima adoptés par la Conférence de Berne.

Le diamètre des roues au roulement, c'est-à-dire non compris le boudin, est généralement de 1 mètre.

Les roues sont toujours calées sur les essieux, malgré l'inconvénient d'une usure plus rapide des bandages ; on évite ainsi que les roues ne glissent et que l'essieu ne prenne une position oblique à l'axe.

§ 5. — Ressorts.

La suspension des caisses sur ressorts, indispensable pour les voitures à voyageurs, au point de vue de la conservation de la voie, des véhicules et des essieux, est également appliquée aux wagons à marchandises, malgré la faible vitesse de leur marche habituelle. Leur emploi est, d'ailleurs, rendu obligatoire par les dispositions arrêtées par la Conférence de Berne.

Le ressort repose en son milieu sur la boîte à graisse et est chargé à son extrémité par les longerons du châssis. Les ressorts sont formés de lames d'acier superposées, dont le nombre est variable et dépend de la flexibilité qu'on veut avoir.

Généralement, on réalise une deuxième suspension des caisses, en interposant entre elles et le châssis des rondelles en caoutchouc ou quelquefois des ressorts à boudins.

Les ressorts des voitures de 1re classe, très flexibles, ont de 1m,80 à 2m,30 de longueur ; ceux des wagons ont environ 1 mètre. La flexibilité des ressorts est très variable ; on peut compter qu'elle est de :

60 à 145	millimètres par tonne	pour les voitures ;
30 à 40	—	pour les fourgons ;
14 à 20	—	pour les wagons.

La section de l'acier servant à la fabrication des ressorts a généralement 7 à 8 centimètres de largeur sur 9 à 12 millimètres d'épaisseur ; on en rencontre assez souvent de 9 à 10 centimètres de largeur et de 12 à 14 millimètres d'épaisseur.

Le poids d'un ressort ordinaire est de 100 à 140 kilogrammes pour les voitures et de 50 à 70 kilogrammes pour les wagons.

La théorie des ressorts a été donnée par M. Philips, dont on suit toujours les formules [1].

§ 6. — Graissage.

Les fusées des essieux des véhicules ont besoin d'être fréquemment lubrifiées et mises à l'abri de la poussière soulevée par le passage du train ; de là la nécessité de les enfermer dans des boîtes à graisse ou à huile dont les types sont extrêmement variés [2].

D'une manière générale, on diminue la largeur des coussinets, c'est-à-dire la longueur de l'arc cylindrique embrassé par le coussinet sur la fusée, et on fait les coussinets en métal blanc ou en bronze garni de métal blanc [3].

On emploie presque partout aujourd'hui pour le graissage des fusées d'essieux des véhicules, des huiles minérales (mazout, schiste, naphte, huiles américaines), soit pures, soit comme au P.-L.-M. et au Nord, mélangées avec de l'huile de colza.

Depuis quelques années, on essaie de remplacer les coussinets ordinaires, à surface frottante, par des coussinets à surfaces roulantes, combinés avec l'emploi de rouleaux, de galets, de billes, etc. ; mais ces dispositifs ne se sont pas encore généralisés.

§ 7. — Attelages.

Les chocs produits par les différences de vitesse dont sont animés les véhicules, pendant leur marche et lors de leur démarrage, sont amortis par des appareils élastiques, qui doivent être résistants et très flexibles lorsqu'il s'agit de voitures à voyageurs.

Il n'y a plus guère d'exemples de wagons à tampons secs, formés par les saillies des brancards en bois, et les véhicules de cette catégorie sont à peu près exclusivement réservés au transport du ballast. Il est, d'ailleurs, interdit de les admettre dans la composition des trains renfermant des voyageurs.

Les appareils élastiques consistent, suivant le système employé :

1° En ressorts indépendants et spéciaux pour le choc et pour la traction ;

[1] *Annales des Mines*, 1852, t. Ier.

[2] Consulter à ce sujet : *Notes sur la construction des voitures et wagons de chemin de fer*, par J.-B. Personne (*Revue générale des Chemins de fer*, août 1883).

[3] *Note sur le meilleur mode de graissage et le meilleur système de boîte à graisse* (*Comptes rendus du Congrès de Milan*, 1887).

2° En ressorts uniques non conjugués ;

3° En ressorts uniques conjugués pour la traction.

Les ressorts sont soit des ressorts à lame, soit des ressorts en spirales, soit des ressorts Belleville ou même des rondelles en caoutchouc vulcanisé ; à chaque extrémité du châssis, l'un des tampons est toujours plat et l'autre bombé.

Les wagons sont attelés par des crochets à tendeurs et par des chaînes de sûreté : sur le matériel étranger, les chaînes sont souvent supprimées ; le tendeur permet de serrer l'attelage et d'atténuer le mouvement de lacet et d'oscillation que prennent souvent les voitures à voyageurs dans les trains à marche rapide. Les chemins de fer américains ont adopté les crochets de traction à accouplement automatique, qui leur ont été imposés, d'ailleurs, par une loi [1]. En Europe, ce système ne s'est pas encore répandu, mais des essais sont faits en vue de l'application d'accouplements mixtes comportant à la fois l'accouplement ordinaire et l'accouplement automatique.

Dans les voitures et les fourgons à bagages de l'Ouest français, qui sont à ressorts uniques conjugués pour la traction, par exemple, l'amplitude limite de la course est de $0^m,22$ pour les tampons et $0^m,065$ pour les ressorts de traction : on la réduit à $0^m,115$ et $0^m,035$ pour les voitures à impériale, qui doivent être soustraites autant que possible au recul produit par la réaction des ressorts après l'arrêt. Sur les voitures de la Compagnie P.-L.-M., qui emploie le système à ressorts indépendants, la course des tampons est $0^m,200$ et la course de traction $0^m,048$.

Les attelages des voitures et wagons doivent satisfaire aux dispositions adoptées par la Conférence de Berne.

Attelage automatique. — Des essais sont entrepris par plusieurs compagnies françaises en vue de l'emploi d'un attelage automatique dû à M. Boirault, ingénieur attaché aux chemins de fer de l'État français.

[1] Loi du 2 mars 1893. En France, des circulaires ministérielles prescrivent l'étude de la question.

CHAPITRE XIV

CAISSE

§ 1. — Voitures à voyageurs.

Types de voitures. — Les dispositions de la caisse des voitures à voyageurs se rapportent à deux types distincts, le système américain et le système anglais.

Dans le système américain, les voitures, très allongées, sont à circulation centrale et communiquent entre elles par des plates-formes ; on peut circuler d'une extrémité du train à l'autre.

Dans le système anglais, chaque voiture est divisée en compartiments dans lesquels on pénètre par des portières latérales.

C'est ce dernier système qui était presque exclusivement appliqué en France et même en Europe jusqu'à ces dernières années. Mais, depuis quelque temps, le système américain est entré dans la pratique courante des Compagnies : la plupart des trains express ou rapides sont composés aujourd'hui de voitures à intercirculation donnant accès, pendant le jour, à une voiture-restaurant intercalée dans le train, ce qui permet de supprimer les arrêts pour les buffets aux heures des repas.

Construction de la caisse. — Pour la construction de la caisse, on emploie généralement le chêne et le frêne et quelquefois le teck, pour les membrures et la charpente : le sapin, pour les planchers, les cloisons et les voligeages ; la tôle vernie sans moulures, pour le revêtement extérieur. Quelques Compagnies continuent à employer le teck au lieu de la tôle, pour les revêtements extérieurs.

Première classe. — Les classes sont, en général, au nombre de trois. En France, les anciennes voitures de 1re classe, à sièges capitonnés en drap (quelquefois en cuir pendant l'été), sont à 3 ou 4 compartiments, renfermant chacun 8 places. On compte $0^m,60$ à $0^m,65$ de largeur par place ; la hauteur est de $1^m,90$ à $2^m,10$; la distance des cloisons de séparation des compartiments est de 2 mètres à $2^m,20$. Le poids des voitures à 4 compartiments varie entre 11 et 14 tonnes.

Deuxième classe. — Les anciennes voitures de 2e classe, à sièges

recouverts en drap, sont à 4 compartiments, renfermant chacun 10 places, soit en tout 40 places. La largeur totale intérieure est de 2m.50 environ, soit 0m,50 par place; la distance des cloisons de séparation est de 1m,60 environ; la hauteur est de 1m,90. Le poids varie de 7 à 10 tonnes.

Troisième classe. — Les anciennes voitures de 3e classe, à sièges en bois, renferment 5 compartiments de 10 places, soit 50 places. On compte 0m,45 à 0m,50 de largeur par place, 1m,20 de distance entre les cloisons et 1m,75 à 1m,80 de hauteur. Le poids varie de 7 à 8 tonnes pour les voitures ordinaires à 50 places et s'élève à 14 tonnes pour les voitures des types récents à 7 compartiments de 10 places.

Mixtes. — Les différentes Compagnies emploient des voitures mixtes de types très variés destinées principalement à la composition des trains circulant sur les embranchements de peu de longueur et à faible trafic : il existe ainsi des voitures de 1re, 2e et 3e classes, de 2e et 3e classes, et des fourgons avec un compartiment de 2e et un compartiment de 3e classes.

Coupés, salons et voitures-lits. — Sur la plupart des grandes lignes françaises, une partie plus ou moins considérable de l'effectif des voitures de 1re classe contient en plus des compartiments ordinaires des compartiments de luxe contenant des fauteuils ou des canapés qui se transforment en lits pour la nuit. Des water-closets et cabinets de toilette sont disposés pour desservir ces compartiments confortables et luxueux même.

Des wagons-salons, peuvent être mis à la disposition des voyageurs sur demande spéciale, par la plupart des Compagnies françaises.

Des voitures avec terrasse et compartiment central circulent régulièrement sur certaines lignes parcourues par les touristes.

Voitures à étages. — Les voitures à impériales ouvertes ou fermées sont depuis longtemps en usage sur les banlieues de l'Ouest, du Nord et de Vincennes. Elles offrent 72 places, dont 32 en haut.

Les voitures à deux étages fermés sont en usage sur la banlieue de l'Est, elles sont de 3e classe et renferment 40 places à chaque étage. Leur poids est de 7.400 kilogrammes et leur prix de 7.300 francs.

Il y a aussi des voitures mixtes à deux étages et à circulation centrale à l'étage, renfermant, en bas, 8 places de 1re classe, 20 de 2e et 10 de 3e; en haut, 40 places de 3e classe, soit en tout 78 places: le poids est de 7.600 kilogrammes et le prix de 9.750 francs, soit 125 francs environ par place. La voiture du chemin de Chauny à Saint-Gobain se rapproche de ce type.

La voiture d'Enghien à Montmorency contient 84 places et pèse

8.670 kilogrammes. Ce genre de voiture à étages ne convient guère que pour les petits trajets.

Bureaux ambulants. — La poste dispose, à certains trains, de voitures aménagées de manière à pouvoir servir de bureaux ambulants, et à utiliser la durée du trajet pour les manipulations qui précèdent la distribution : dans ces bureaux, l'entretien du châssis incombe aux Compagnies et celui de la caisse à l'Administration des Postes. Le poids total d'un bureau ambulant du type ordinaire est de 7 tonnes environ ; mais, depuis quelque temps, l'Administration des Postes a mis en service des bureaux ambulants de 14 mètres de longueur de caisse montés sur 2 essieux, dont le poids est de 17 tonnes à vide et de 22 tonnes en charge, et des bureaux de 18 mètres de longueur de caisse montés sur 2 bogies.

Matériel lourd. — La tendance générale et très accentuée maintenant est de rendre les voitures plus confortables, d'augmenter leur stabilité et leur solidité : à cet effet, on adopte des types de voitures larges, élevées, longues, à couloir longitudinal et à essieux très écartés, ou à bogies. Si ces voitures présentent certains inconvénients, au point de vue de la traction, du poids mort à traîner, de l'insuffisance des dimensions des plaques tournantes, on ne saurait méconnaître qu'elles ont de sérieux avantages sur les lignes à grand trafic et dans les trains à grande vitesse. C'est ainsi qu'on a construit des voitures de 1re classe à 4 compartiments, pesant 10 tonnes, d'une hauteur intérieure de $2^m,10$, d'une longueur de $8^m,50$ à 9 mètres, supportées par 2 essieux écartés de $5^m,50$. Mais les types que l'on met en service maintenant sont des voitures dépassant 22 mètres de longueur, de $3^m,020$ de largeur de caisse, de $3^m,750$ de hauteur au-dessus du rail, pesant 35 à 40 tonnes ; ces voitures comportent 7 à 8 compartiments de 6 places.

Prix des voitures. — Les voitures *ordinaires* coûtent environ :

1re classe	16.000 fr. à 30.000 fr.
2e classe	12.000 fr. à 15.000 fr.
3e classe	7.000 fr. à 12.000 fr.

Les voitures de grande longueur montées sur bogie atteignent des prix bien plus élevés : 80.000 francs et plus, pour les 1res classes.

Les voitures de luxe sont de tous prix. Le Gouvernement belge a racheté à la Compagnie des wagons-lits, en 1900, 44 voitures-salons au prix de 70.000 francs l'une.

Les voitures des trains princiers coûtent 150.000 à 200.000 francs l'une.

§ 2. — Fourgons et wagons.

Le matériel à marchandises est établi d'après les mêmes principes que le matériel à voyageurs.

On s'attache aujourd'hui à réduire autant que possible, la spécialisation des types de wagons, dont la multiplicité est un obstacle à la bonne et facile répartition du matériel.

Parmi les véhicules spéciaux circulant dans les trains de voyageurs, on doit citer les fourgons à bagages, les trucks à équipages et les wagons-écuries.

Fourgons. — L'agent du train qui occupe le fourgon y est installé de manière à pouvoir faire le travail des feuilles de route pendant le voyage, surveiller de la vigie où il est placé la marche du train et serrer rapidement le frein. Il est mis en communication avec le mécanicien par une corde aboutissant à une cloche ou à un sifflet placé sur le tender.

La caisse est construite soit en bois, soit en fer, et sa longueur est de 5 à 6^{m},50; le poids est de 6 à 9 tonnes pour lester le frein. Les fourgons peuvent contenir un chargement de 2 à 5 tonnes; le prix est, en moyenne, de 6.000 francs.

On construit des fourgons à intercirculation avec portes en bout, pour le service des trains de voyageurs et aussi pour le service des messageries; dans ce dernier cas, l'intercirculation permet aux agents des trains de classer les colis en cours de route.

Trucks à équipages. — Ce sont des plates-formes découvertes, à quatre roues, sur lesquelles on maintient les voitures à l'aide de courroies et de vis de pression. Leur longueur est de 4^{m},80, leur poids est de 5 tonnes environ, et leur prix de 4.300 francs.

Écuries. — Les écuries sont disposées de manière à recevoir les chevaux en travers ou longitudinalement. Dans le premier cas, on place cinq ou six stalles, et trois seulement dans le second. Les stalles ont 0^{m},75 à 0^{m},95 de largeur et 3^{m},07 de longueur; on y adjoint généralement un compartiment pour le palefrenier. Le poids est de 5 tonnes et le prix de 4.000 francs pour trois chevaux et 5.000 francs pour six chevaux.

Wagons fermés. — Le type du wagon à marchandises est le wagon fermé à portes roulantes; il convient aux marchandises de valeur ou à celles expédiées en vrac et craignant les intempéries; mais il se prête difficilement à l'*arrimage*, à moins que l'on ne puisse ouvrir le couvercle à la partie supérieure, pour faire le chargement à l'aide de grues,

comme cela se pratique en Angleterre. — Les wagons pouvant contenir 8 à 10 tonnes de chargement et d'un poids de 5 tonnes environ, avec écartement d'essieux de 2m,65, coûtent 3.000 francs s'ils sont sans frein, et 4.000 francs s'ils sont à frein.

Wagons à bestiaux, wagons couverts, fermés par des volets ou des rideaux soit en cuir, soit en toile goudronnée; chargement, 5 à 10 tonnes; tare, 6 tonnes; prix, 3.000 francs sans frein, 3.800 francs avec frein.

Plates-formes. — Les wagons plats sont quelquefois absolument dépourvus de bords, ou le plus souvent à bords peu élevés, de 0m.20 à 0m,40 au-dessus du châssis. Ces bords peuvent quelquefois se rabattre autour de charnières. — Les plates-formes sont généralement faites pour un chargement de 10 tonnes; leur tare est de 4 tonnes, leur longueur utile 5m.30, et leur prix 2.280 francs. Le prix d'une plate-forme de 15 tonnes pour le chargement des rails est de 3.000 francs.

Dans ces dernières années il a été construit un certain nombre de wagons plates-formes d'une portée de 20 à 40 tonnes.

Tombereaux. — C'est le type qui, bâché au besoin, s'applique aux transports les plus variés.

Les bords transversaux sont quelquefois exhaussés en forme de pignon, réunis au sommet par une traverse, ou contreventés par des contrefiches latérales. Ils sont normalement employés pour effectuer les transports de houille; leur chargement est de 10 tonnes, et leur tare de 5 tonnes; leur prix, de 2.200 francs, et de 3.300 francs avec frein.

Les wagons tombereaux des derniers types ont une capacité de chargement de 20, 30 et même 50 tonnes (Compagnie du Midi), leur prix s'augmente en conséquence : 6.000 francs pour des wagons de 20 tonnes.

Wagons à coke ou ridelles avec parois à claire-voie ; tare, 4 à 5 tonnes; chargement, 10 tonnes ; prix, 3.100 francs.

Wagons-pupitres, pour le transport des plaques tournantes et des glaces; tare, 4 tonnes ; chargement, 6 tonnes ; prix, 2.770 francs.

On pourrait multiplier les citations de wagons spéciaux, tels que wagons-citernes, dont le nombre s'est considérablement accru dans ces dernières années pour le transport des vins et des alcools; wagons à bière, wagons pour le transport des dames-jeannes, wagons pour le transport des boîtes à lait ou du poisson, etc.

§ 3. — Poids mort des véhicules.

Voitures à voyageurs. — Le poids mort par voyageur pour les voitures de 1re classe ordinaires varie entre 350 et 380 kilogrammes. Pour les voitures de types nouveaux construites dans ces dernières années, le poids mort par voyageur oscille entre 500 et 1.000 kilogrammes.

Le poids mort par voyageur pour les voitures de 2e classe varie entre 230 et 320 kilogrammes.

Enfin, pour les voitures de 3e classe, ce poids mort varie entre 180 et 220 kilogrammes.

Voici le poids mort par voyageur de quelques voitures ayant figuré à la récente exposition de Milan :

État :	Voiture mixte à 7 compartiments de 1re et 2e, (à 2 essieux).....	500	kilogrammes
	Voiture de luxe avec 4 compartiments de 1re et 1 coupé (à bogies).....	1.000	—
Est :	Voiture mixte à 7 compartiments de 1re, 2e, et 3e classe (à bogies).....	782	—
Midi :	Voiture de 2e classe (à 2 essieux).....	310	—
P.-L.-M. :	Voiture de 1re classe à 7 compartiments dont 1 de luxe (à bogies).....	938	—

Si l'on se reporte au début des chemins de fer, où le poids mort dans les 1res classes était de 260 kilogrammes environ par voyageur, on voit le changement apporté dans la construction des voitures.

Wagons à marchandises. — Pour les wagons à marchandises, le poids mort par tonne de capacité offerte varie, suivant le type de matériel, de 0t,300 à 0t,700, sauf quelques rares exceptions où il s'élève à 0t,900.

Wagons de grande capacité. — Comme en Amérique, on tend, en Europe, à augmenter la capacité de chargement des wagons. Il est certain qu'on diminue ainsi la dépense de matériel roulant par tonne offerte ; on diminue également la longueur des trains et la longueur de voie occupée par le matériel dans les gares, ainsi que les dépenses des manœuvres et les dépenses de traction. Dans ces wagons, que l'on est parvenu à faire très robustes et très légers en employant l'acier embauté (système Fox-Arbel) le poids mort par tonne utile descend au-dessous de 300 kilogrammes : la Compagnie du Nord a des wagons plates-formes de 16 mètres de long dans lesquels le poids mort n'est que de 11.700 kilogrammes pour 40 tonnes de charge utile et des wagons houillers de 13.500 kilogrammes pour 42 tonnes de

charge utile. Des wagons à minerais de la Compagnie de l'Est présentent 12.725 kilogrammes de tare à vide pour 43 tonnes de chargement. La Compagnie du Midi a mis en service des wagons portant 50 tonnes de minerai, ayant une tare à vide de 15.400 kilogrammes.

§ 4. — Coefficient d'utilisation.

Le rapport du nombre des places occupées à celui des places offertes, sur les réseaux français, est passé de 20 0/0 en 1891 à 22 0/0 en 1901. Sur les lignes anglaises l'utilisation des trains de voyageurs paraît s'élever à 50 et 60 0/0, tandis que, sur les autres réseaux européens, elle ressort en moyenne à 20 0/0, en passant de 10 à 15 0/0 pour la 1re classe, à 30 0/0 en moyenne pour la 3e. Il est bon d'ajouter qu'un certain nombre de Compagnies anglaises ont supprimé la 2e classe dans ces dernières années.

§ 5. — Dépréciation du matériel roulant.

Matériel léger. — Au début des chemins de fer, on attribuait au matériel une durée de vingt-cinq ou trente ans après laquelle le matériel pouvait être considéré comme démodé ou usé. On donnait au vieux matériel une valeur égale à 0,10 de la valeur du matériel neuf ; celui-ci perdait donc 0,90 de sa valeur en trente ans. soit 0,03 par an. La même estimation conviendrait encore aujourd'hui pour un matériel légèrement construit.

Estimation de M. de Billy. — M. de Billy [1], au cours d'une expertise, avait trouvé, dans un cas particulier, les chiffres suivants concernant un matériel qui n'avait que trois ans et demi de service :

Désignation du matériel.	Diminution 0/0.
Machines locomotives	3,26
Tenders	6,50
Voitures à voyageurs	6,91
Wagons à marchandises	4,59
Ensemble	4,74

Règle suivie par les Compagnies françaises. — Lorsqu'un véhicule est tout à fait brisé et que la Compagnie responsable de l'avarie

[1] *Mémoire sur la dépréciation d'un matériel roulant de Chemins de fer*, par M. de Billy, inspecteur général des Mines (*Annales des Mines*, 1858, p. 557, et 1859, p. 55).

en rend les débris, y compris les essieux montés, à la Compagnie propriétaire, celle-ci peut, à son choix, ou le reconstruire, ou le supprimer ; la Compagnie responsable paie à la Compagnie propriétaire : dans le premier cas, les frais de reconstruction au prix de revient des ateliers de cette dernière ; dans le second cas, la valeur du véhicule déterminée de la manière suivante :

1° On déduit de la valeur totale du véhicule à l'inventaire, celle des essieux montés, également au prix d'inventaire, et on obtient ainsi la valeur du wagon sans roues ;

2° On retranche 1/6 de cette dernière, pour tenir compte des débris rendus ;

3° Enfin, des 5/6 restant on retranche encore une dépréciation de 1 0/0 par année de service du wagon détruit.

Le reste constitue la somme à payer.

Exemple :

Prix d'un wagon d'après l'inventaire.....	3.820 fr. 00
Prix des essieux montés d'après l'inventaire	900 00
Prix d'un wagon sans roues.....	2.820 fr. 00
A déduire : Valeur des pièces restantes, 1/6.....	470 00
Reste 5/6.....	2.350 fr. 00
Donnant une dépréciation annuelle de.....	23 50

La somme à payer sera :

Après	1 an de service,	$2.350 - 23{,}50 = \ldots\ldots$	2.326 fr. 50
—	5 ans de service,	$2.350 - (23{,}50 \times 5) = \ldots\ldots$	2.232 50
—	10 —	$2.350 - (23{,}50 \times 10) = \ldots\ldots$	2.115 00
—	15 —	$2.350 - (23{,}50 \times 15) = \ldots\ldots$	1.997 50

Etc...

Lorsqu'un véhicule est entièrement détruit ou perdu et que la Compagnie responsable de l'avarie ou de la perte ne rend à la Compagnie propriétaire ni les débris ni les essieux montés, elle paie à cette dernière la valeur totale du véhicule au prix d'inventaire, y compris les essieux et les roues, déprécié de 0,75 0/0 par année de service dudit véhicule : ce qui revient à attribuer au véhicule une durée de cent ans et à fixer le prix des vieilles matières au 1/4 ou 0,25 de la valeur du véhicule neuf.

§ 6. — Dépense kilométrique d'achat du matériel remorqueur et roulant.

Le minimum de la dépense kilométrique du matériel roulant, destiné à desservir un chemin à voie large, est de 12 à 15.000 francs; au delà de ce chiffre, il faut avoir égard au trafic de la ligne.

On estime, en général, que la dépense kilométrique d'acquisition du matériel doit être égale à la recette kilométrique d'une année d'exploitation, quand cette recette dépasse 12 à 15.000 francs; mais, au delà d'une recette de 70.000 francs par kilomètre, l'évaluation de la dépense de matériel est bien peu élevée.

En général, dans les évaluations de dépense kilométrique d'établissement d'un chemin de fer du quatrième réseau, construit économiquement, on compte sur 25 à 30.000 francs de matériel par kilomètre. Pour les lignes à voie étroite, on s'accorde à estimer à 9 ou 10.000 francs la dépense kilométrique du matériel remorqueur et roulant, y compris l'outillage.

La moyenne de la dépense kilométrique, pour tout le réseau français, est actuellement de 60.000 francs. Il est vrai que, dans ce chiffre élevé, l'on tient compte des dépenses d'installation et d'outillage d'immenses ateliers de réparation et de fabrication.

CHAPITRE XV

FREINS

Nécessité des freins. — Les freins sont nécessaires, dans le service courant, pour obtenir l'arrêt rapide des trains ou pour modérer leur vitesse; ils sont indispensables dans les cas où l'arrêt est commandé par la sécurité. Soit un train de 250 tonnes marchant à la vitesse de 70 kilomètres à l'heure, sur une voie en palier; si on ferme le régulateur et si on n'agit pas sur les freins, le train parcourra 9 kilomètres avant d'être arrêté par sa propre résistance.

Frein des machines. — Contre-vapeur. — La machine locomotive constitue par elle-même un frein puissant. Etant donné qu'elle peut fonctionner en avant et en arrière, c'est-à-dire tirer un train ou le refouler, on conçoit que, si, pendant la marche en avant d'un train, on renverse tout à coup la vapeur, le train continuera à avancer, tandis que la machine tendra à reculer et opposera, par suite, une résistance au mouvement du train: c'est ce qu'on appelle la marche à contre-vapeur. Pour être opéré en toute sécurité, il est nécessaire que le renversement de la vapeur soit accompagné d'une injection d'eau et de vapeur sous les tiroirs, afin que les gaz et les escarbilles de la boîte à fumée ne soient pas aspirés et refoulés dans les cylindres. L'emploi de la contre-vapeur permet d'obtenir un effort résistant égal aux deux tiers environ de l'effort de traction de la machine; la contre-vapeur est fort utilisée pour modérer la vitesse des trains dans les pentes, lorsque les véhicules ne sont pas munis de freins continus; son emploi est prescrit par une circulaire ministérielle du 13 septembre 1880.

Frein à vapeur. — On emploie quelquefois sur les machines de gare un frein à sabots, actionné par la vapeur de la chaudière agissant dans un cylindre dont le piston commande les leviers du frein. Ce frein est plus puissant et rend plus de services que le frein à vis manœuvré à la main.

Classification des freins des véhicules. — Tous les freins des véhicules autres que la machine sont basés sur les effets du frottement d'une pièce de bois ou de métal contre les roues ou contre les rails. Ils agissent progressivement, car on ne saurait sans de grands inconvénients absorber immédiatement la force vive d'un train

L'arrêt instantané d'un train marchant à 60 kilomètres équivaudrait pour le voyageur, dit M. Bricka, à une chute d'un quatrième étage.

On divise généralement les freins en deux groupes : les freins à main, qui sont manœuvrés isolément sur chaque véhicule par autant d'agents qu'il y a de véhicules, et les freins continus, qui sont manœuvrés sur tous les véhicules, par un seul agent.

Ces freins se désignent par leur mode de commande, tels sont, pour les *freins à main*, les freins à vis, freins à levier, freins à contrepoids, etc. ; pour les *freins continus*, le frein à air comprimé, le frein à vide, le frein électrique, etc. Les uns et les autres se subdivisent en différentes espèces, d'après leur genre de construction : freins à barres, freins à coins ; ou d'après le nom de leur inventeur : frein Stilmant, frein Bricogne, frein Westinghouse, frein Lipkowski, frein Chapsal, etc.

Freins à main. — En principe, les freins à main sont constitués par un ou plusieurs sabots en bois ou en métal appliqués contre les bandages des roues par un jeu de leviers mis en action par une manivelle et une vis. L'agent chargé de la manœuvre ou *serre-frein* est placé dans une guérite.

Le chemin de fer du Nord emploie le frein Bricogne, dans lequel le serrage des sabots est produit presque instantanément par la chute d'un contrepoids que le serre-frein n'a qu'à déclencher : pour le desserrage, le contrepoids est remonté à l'aide d'une vis à manivelle

Un grand nombre de wagons sont munis d'un frein plus simple dont l'organe de manœuvre est un grand levier placé le long du wagon ; le serre-frein, debout sur une étroite plate-forme, abaisse ce levier et le maintient abaissé avec son pied, en appuyant de tout le poids de son corps.

Effet des freins. — Les freins produisent un effort résistant égal à 15 ou 20 0/0 du poids traîné ; cet effort augmente même jusqu'à 25 0/0 à mesure que la vitesse décroit. Mais, si on cale les roues, l'effort résistant s'abaisse immédiatement de 10 à 15 0/0, en grande vitesse. On ne doit serrer le frein à bloc que lorsque le train est totalement arrêté, car, en dehors de la diminution d'effet, le blocage en marche produirait des méplats sur les roues et userait considérablement les rails.

Freins continus. — Les freins à main agissent lentement ; il est difficile d'obtenir une action simultanée des divers serre-freins d'un train ; enfin, le nombre d'agents à placer dans chaque train serait souvent considérable. Aussi a-t-on cherché à mettre la commande de tous les freins entre les mains d'un seul et même agent, le mécanicien. On y est parvenu avec le frein Guérin, qui est mis en jeu par la

pression que les tampons exercent les uns contre les autres lorsque le mécanicien, par la contre-vapeur ou autrement, réduit la vitesse du train. On peut citer aussi le frein Héberlein, où les sabots sont actionnés par une chaîne qui s'enroule autour d'un axe lorsqu'on déclenche un contrepoids à l'aide d'un cordeau qui règne tout le long du train.

Mais ces différents systèmes ont fait place aux freins pneumatiques, qui, sous deux formes différentes : *freins à air comprimé* et *freins à vide*, se sont promptement répandus sur les chemins de fer du monde entier.

Freins à air comprimé. — Dans ces freins, quel que soit le système employé, la locomotive est toujours munie d'une *pompe à vapeur* qui comprime l'air et l'emmagasine dans un grand réservoir; un robinet de manœuvre mis à la disposition du mécanicien permet de distribuer cet air comprimé aux véhicules ou de le faire évacuer.

Sous chaque véhicule se trouvent un petit réservoir et un cylindre dit cylindre à frein, reliés par une triple-valve à une conduite générale régnant tout le long du train et aboutissant au robinet de manœuvre. Dans le cylindre à frein se meut un piston moteur ou un diaphragme qui, par l'intermédiaire de leviers, commande les sabots de frein.

Tant que la pression est maintenue dans la conduite générale, les freins sont desserrés. Pour serrer les freins, le mécanicien ou le conducteur ouvre le robinet mis à sa disposition et laisse échapper l'air de la conduite générale. La réduction de pression qui en résulte fait aussitôt fonctionner les triples-valves et une partie de l'air emmagasiné dans les petits réservoirs passe dans les cylindres à frein. Par suite, les pistons sont repoussés et les freins se serrent.

L'effet serait le même si la diminution de pression résultait d'une circonstance accidentelle : rupture de conduite, etc.

Pour serrer à fond les freins, il suffit de réduire seulement de 20 0/0 la pression dans la conduite générale. Pour les desserrer, on rétablit de nouveau, par le jeu du robinet du mécanicien, la communication entre le grand réservoir et la conduite générale, ce qui rétablit la pression dans cette conduite et recharge les petits réservoirs; en même temps, l'air s'échappe des cylindres et les sabots des freins ne sont plus soumis à aucune pression.

1 Voir, dans le numéro de décembre 1881 de la *Revue générale des Chemins de fer*, une description complète du frein Westinghouse ; dans le numéro d'avril 1888 de la même *Revue*, la description de la nouvelle triple-valve à action rapide permettant l'application du frein Westinghouse aux trains de grande longueur ; dans le numéro de février 1900 du *Bulletin de la Société d'Encouragement*, la description du compresseur d'air à deux phases construit par la Compagnie de Fives-Lille, dont l'emploi se généralise.

La pression dans les réservoirs varie entre 5 et $5^{atm},5$. Le diamètre intérieur de la conduite générale est de 25 millimètres.

C'est sur ces principes qu'est établi le frein Westinghouse[1], un des plus répandus. Les freins Westinghouse-Henry, Carpenter, Schleifer, Wenger, Clark, Soulerin[1], Lipkowski[2] sont, avec des variantes et des perfectionnements, basés sur les mêmes principes.

La tendance actuelle est de pouvoir freiner de grands trains et d'obtenir une action simultanée sur tous les véhicules. La plupart des systèmes ci-dessus désignés ont été modifiés en vue de ce résultat. Le frein Chapsal emploie dans ce but une commande électrique en plus de la commande pneumatique.

Freins à vide. — Le *frein à vide non automatique* se compose de cylindres placés sous chaque voiture; dans ces cylindres peuvent se mouvoir des pistons reliés aux leviers du frein. Lorsqu'on expulse l'air contenu dans les cylindres, les pistons, sous l'influence de la pression atmosphérique, agissent sur les leviers des freins et opèrent le serrage. Ces cylindres communiquent, par une double conduite qui forme un circuit fermé, avec un *éjecteur* placé sur la locomotive et qui reçoit de la vapeur de la chaudière et la lance dans l'atmosphère, en entraînant mécaniquement l'air de la conduite et des cylindres, d'après le même principe que l'injecteur Giffard.

Ce frein n'est armé et n'agit qu'au moment des arrêts ou des ralentissements; il n'indique pas à chaque instant s'il est dans de bonnes conditions de fonctionnement et prêt à agir; il n'indique pas non plus si le train est complet et n'a pas été coupé en deux ou plusieurs parties, par suite de rupture d'attelage ou par toute autre cause. C'est pour cela qu'on lui préfère souvent le frein à vide automatique.

Dans le *frein à vide automatique*, un éjecteur placé sur la machine maintient un vide constant dans la conduite générale du train. Ce vide, en marche normale, est généralement de $0^{m},50$ à $0^{m},55$; le diamètre de la conduite est de 50 millimètres. Par l'intermédiaire de branchements et de valves à boulet, ce vide se propage dans les cylindres de chaque véhicule, au-dessus et au-dessous d'un piston mobile qui actionne la timonerie. Lorsque le vide est égal sur les deux faces de ce piston, celui-ci s'abaisse par suite de son poids, et les freins se desserrent : c'est la position normale de marche.

Le mécanicien, en manœuvrant un robinet, ou le conducteur, en ouvrant une valve placée dans son fourgon, ou le voyageur, en faisant

[1] Voir la description de ces freins dans les *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, septembre 1889 et janvier 1890.

[2] Voir dans les *Annales des Ponts et Chaussées*, 1er trimestre 1900, les rapports au Comité de l'Exploitation technique sur le frein à air comprimé Lipkowski.

fonctionner l'appareil qui se trouve dans chaque compartiment, détruit le vide qui existe dans la conduite principale et admet l'air à la partie inférieure du cylindre à frein, au-dessous du piston ; le vide, au contraire, est maintenu à la partie supérieure de ce cylindre et au-dessus du piston, par suite de la fermeture automatique de la valve à boulet, sous l'influence de cette rentrée d'air. Le piston se soulève donc a cause de la différence de pression entre ces deux faces, et les freins se serrent avec une énergie qui dépendra de la plus ou moins grande quantité d'air introduite dans la conduite.

Dans le cas d'une rupture d'attelage, l'air pénétrera également dans la conduite principale et les freins se serreront.

Pour desserrer les freins, après le serrage, le mécanicien, à l'aide de l'éjecteur, refait le vide dans la conduite et dans les cylindres au-dessous du piston : celui-ci s'abaisse, à cause de son poids, et les freins se desserrent.

On a également appliqué à ce système de frein une valve à boulet à action rapide qui permet son adaptation aux trains de cinquante véhicules.

C'est d'après un principe analogue, mais avec des variantes et des perfectionnements que sont établis les freins Smith-Hardy, Sanders Clayton, Eames, Soulerin, etc. Le frein Smith-Hardy est l'un des plus répandus ; le frein Soulerin a été étudié pour permettre de faire fonctionner indifféremment ses appareils par le frein à vide et par le frein à air comprimé [1].

Prix des freins. — On peut évaluer approximativement comme suit le prix des freins :

Frein à vis	450 francs
Frein à levier	180
Frein à coins à 2 sabots	125
Frein à barres à 4 sabots	650
Guérite pour serre-frein	300
Frein Westinghouse :	
Locomotive et tender	2.000
Voiture ou wagon	650

[1] Voir les *Mémoires de la Société des Ingénieurs civils*, septembre 1889 et janvier 1900.

CHAPITRE XVI

ÉCLAIRAGE ET CHAUFFAGE

§ 1. — Éclairage des voitures.

Bougies. — L'éclairage à la *bougie* n'est plus guère employé en service courant que dans les pays froids, où l'huile serait exposée à se congeler ; il est prévu, parfois, à titre d'éclairage de secours dans les véhicules éclairés à l'électricité.

Huile végétale. — L'éclairage à l'*huile végétale* tend à disparaître ; les lampes à l'huile à bec plat ne donnent qu'une lumière fumeuse et vacillante et l'on peut dire que cet éclairage ne devient satisfaisant qu'avec des lampes à mèche ronde et surmontées d'un verre, telles qu'elles sont employées par la Compagnie du Nord. Ces lampes ont une intensité de 3/4 de carcel et sont munies d'un réflecteur en tôle d'acier nickelé qui répartit la lumière dans toutes les parties du compartiment.

Huile minérale. — L'*huile minérale* présente trop de dangers et d'inconvénients pour être employée dans les lampes ordinaires des chemins de fer. Cependant, certaines Compagnies brûlent dans des lampes spéciales un pétrole à point d'inflammabilité élevé, dit *colza minéral,* qui donne des résultats satisfaisants.

Gaz. — L'éclairage au *gaz* a pris une assez grande extension dans les pays limitrophes de la France : Belgique, Allemagne, Angleterre et Italie ; puis il s'est developpé en France, où il est employé sur les réseaux de l'Ouest, de l'Est, du P.-L.-M. et de l'État.

Le système le plus usité est le *système Pintsch.* Sous ou sur chaque voiture sont installés un ou deux réservoirs contenant du gaz riche provenant de la distillation d'huiles et comprimé à 6 atmosphères. Après avoir traversé un régulateur, destiné à compenser pendant la marche la perte de pression due à la consommation, le gaz est amené jusqu'aux lampes par une conduite disposée le long des parois et sur la toiture.

Dans le *système Cambrelin*, il n'y a qu'un seul réservoir à gaz, placé

dans le fourgon à bagages, et les conduites des diverses voitures sont raccordées entre elles par des tuyaux en caoutchouc.

Un système ingénieux permet la mise en veilleuse automatique de la lumière de la lampe, toutes les fois que l'on baisse le store entourant la coupe.

On est parvenu à employer avec succès dans les voitures l'éclairage au gaz par incandescence, qui rivalise avec l'éclairage par l'électricité et lui est parfois supérieur.

L'emploi du gaz nécessite l'installation d'usines spéciales et de réseaux de conduite d'alimentation dans les gares ou le transport du gaz dans des wagons-réservoirs spéciaux, où l'on emmagasine le gaz pour le porter des usines dans les gares qui ne possèdent pas d'installation pour produire le gaz.

Électricité. — *L'éclairage électrique* peut être réalisé de diverses manières.

Piles. — Les essais tentés à l'aide de piles ne paraissent pas avoir donné toujours de bons résultats.

Dynamos. — On expérimente l'emploi de machines dynamo-électriques, commandées par l'essieu d'un des véhicules du train et chargeant des accumulateurs destinés à approvisionner les lampes à incandescence placées dans les compartiments.

Accumulateurs. — On emploie des accumulateurs seuls, chargés aux extrémités du parcours par des machines dynamo fixes.

Les wagons-salons du *Pennsylvania Railway* sont éclairés à l'aide d'accumulateurs seuls.

Un certain nombre de trains du *Boston and Albany Railway* sont éclairés par des accumulateurs alimentant des lampes Edison.

L'*État prussien* fait usage d'un certain nombre de voitures éclairées à l'incandescence. Chaque voiture renferme 5 lampes de 6 bougies. Le courant est fourni pour vingt-quatre heures au moyen d'accumulateurs ; la lumière peut être réglée par le voyageur.

Système Timmis. — Le *Midland Railway* emploie, depuis 1887, en le perfectionnant, le système *Timmis* [1], qui résout les quatre problèmes suivants : 1° chaque voiture a sa source d'éclairage distincte ; 2° le conducteur peut éteindre et allumer de son poste toutes les lampes du train ; 3° l'installation d'éclairage sert en même temps à l'intercommunication entre les voyageurs et le conducteur ; 4° en cas de rupture d'attelage, toutes les lampes s'allument dans la partie détachée.

Chaque voiture porte une batterie d'accumulateurs de dix éléments et les voitures sont réunies entre elles par un câble à quatre fils.

La Compagnie d'Orléans installe actuellement sur son nouveau ma-

[1] *Revue générale des Chemins de fer*, janvier 1892.

tériel environ 1.200 lampes électriques qui lui sont fournies par la Société *Force et Lumière*.

Éclairage intermittent. — Sur le chemin de fer *Métropolitain de Glascow*, les voitures sont éclairées automatiquement à l'électricité pendant le passage sous les tunnels. A cet effet, les lampes sont reliées à une brosse métallique ou à une roue venant prendre le courant au contact d'un rail isolé placé au milieu de la voie.

Acétylène. — La Compagnie P.-L.-M. a entrepris, dès 1895, des essais sur l'éclairage de ses voitures par le gaz acétylène pur ; elle les a abandonnés en raison des inconvénients que présentait l'emploi de l'acétylène comprimé à 10 kilogrammes ; mais, depuis, elle a utilisé l'acétylène pour augmenter le pouvoir éclairant du gaz riche (gaz d'huile ou de boghead) qu'elle emploie pour ses voitures. L'acétylène, en raison de son grand pouvoir lumineux, était, en effet, tout indiqué pour améliorer l'éclairage des voitures éclairées au gaz dans les Compagnies de chemins de fer.

Les voitures de la Compagnie P.-L.-M. sont éclairées actuellement par un gaz mixte, à la pression de 7 kilogrammes, contenu dans de grands récipients fixés sur la toiture des wagons. Leur capacité varie, suivant les types de voitures, entre 350 et 2.300 litres, ce qui correspond, à 7 kilogrammes de pression, à un approvisionnement de 2.450 à 16.100 litres. Le gaz est un mélange de gaz riche provenant de la distillation des bogheads et d'acétylène dans la proportion de 3 à 1.

Le gaz riche, qui donne de 7,5 à 8,5 bougies par 25 litres à la pression de 35 millimètres d'eau et avant la compression, ne donne plus, après la compression, que 6 bougies par 25 litres sous la même pression. Le mélange des deux gaz (gaz riche et acétylène), dans la proportion indiquée, donne un pouvoir éclairant de 15 bougies par 25 litres sous une pression de 40 millimètres d'eau et après avoir été comprimé préalablement à 10 kilogrammes.

Les réservoirs à gaz comprimé sont munis de détendeurs Delamarre, à membrane parcheminée, ou de détendeurs Fournier, à membrane métallique, permettant d'obtenir une pression de 40 millimètres d'eau aux appareils d'éclairage.

Les becs employés pour cet éclairage sont des becs Bray, à toile métallique et percés de deux trous sur la face supérieure, ou des becs Manchester type Delamarre ; ils débitent 25 litres à l'heure à la pression de 40 millimètres d'eau [1].

L'emploi du gaz riche brûlant dans des becs à incandescence, paraît devoir supprimer l'emploi du gaz mélangé d'acétylène. Toutefois l'éclai-

1 D'après la *Revue générale de Chimie pure et appliquée*, n° 18, du 6 octobre 1901.

rage à l'acétylène dissous dans l'acétone, jouit d'une certaine faveur sur les lignes où il n'existe pas d'usines à gaz riche.

§ 2. — Chauffage des voitures.

Bouillottes à eau chaude. — Le chauffage au moyen des bouillottes est encore assez répandu : les bouillottes sont généralement de forme plate et allongée et au nombre de deux par compartiment.

Elles sont ordinairement remplies d'eau, et deux procédés sont aujourd'hui employés pour en opérer le réchauffage sans les vider.

Le premier procédé, employé par les Compagnies du Nord, de l'Ouest, d'Orléans et du P.-L.-M., consiste à envoyer un jet de vapeur à haute pression dans les bouillottes, dont l'eau est ainsi portée à une température de 90° en deux ou trois minutes.

Le second procédé, employé par la Compagnie de l'Est, consiste à plonger à l'aide d'une noria les bouillottes dans une cuve d'eau bouillante : l'opération est plus longue et dure environ cinq minutes.

Bouillottes à acétate. — La Compagnie du Nord et les chemins de fer hollandais font usage de bouillottes renfermant de l'*acétate de soude*, produit chimique qui a la propriété de se maintenir pendant plusieurs heures à une température constante de 55°, au moment où il arrive à son point de cristallisation.

Le réchauffage de ces bouillottes exigeant cinquante minutes si l'on procède par immersion dans l'eau bouillante, la Compagnie du Nord emploie des bouillottes spéciales traversées par un serpentin en cuivre. Pour opérer le réchauffage, il suffit alors de faire passer un courant de vapeur à travers ce serpentin pendant quinze à vingt minutes, si les bouillottes étaient froides, et pendant cinq à six minutes, si elles étaient encore tièdes.

La Compagnie du Nord essaie d'opérer le réchauffage à l'aide d'un courant électrique qui porte la chaleur en tous les points de la masse à l'aide d'un rhéostat à mailles très serrées.

Bouillottes à sable. — En Allemagne, on a fait l'essai de chaufferettes remplies de sable préalablement chauffé dans les fours ; mais ces tentatives ont échoué.

Chauffage au fer rouge. — Dans le système Radelet, on introduit dans une chaufferette spéciale une barre d'acier chauffée au rouge, qui, en se refroidissant, communique sa chaleur à une enveloppe métallique. Entre les parois de la double enveloppe de la chaufferette, on bourre du coton minéral, qui est très mauvais conducteur de la chaleur. On porte les barres au rouge dans des fours à réverbère.

Ces chaufferettes, employées sur les chemins de fer de l'Etat belge, sont très lourdes; en outre, le coton minéral devient inerte au bout d'un certain temps et ne modère plus le passage de la chaleur : la température devient alors trop élevée pour les pieds des voyageurs.

Les barres d'acier elles-mêmes s'usent très rapidement.

Charbon chimique. — Le chauffage au moyen d'un charbon spécial, sous la forme de briquettes (*chauffage Berghausen*) est très répandu en Allemagne; ces briquettes, dont la combustion est très lente, sont allumées et placées dans des fourneaux disposés sous les sièges ou sous les pieds des voyageurs.

Malgré les précautions prises, il est difficile d'éviter que les gaz de la combustion pénètrent dans le compartiment et viennent incommoder les voyageurs.

Pour éviter ce dernier inconvénient sans perdre l'avantage de la plus grande quantité de chaleur donnée par le chauffage avec des briquettes par rapport aux bouillottes, la Compagnie du Nord emploie des chaufferettes mixtes à eau et à briquettes. C'est l'eau qui chauffe le compartiment, tout en servant d'isolant entre le foyer et les voyageurs.

Poêles. — Le *chauffage par poêles* n'est guère employé en France, et avec raison, à cause des dangers qu'il présente en cas d'accidents.

Air chaud. — Le *système à air chaud*, employé en Amérique, en Suisse, en Allemagne et en Suède, comprend un calorifère placé généralement sous la voiture et d'où l'air chaud est envoyé dans les compartiments. Il a l'inconvénient de donner une chaleur trop sèche, peu agréable pour les voyageurs, et de ne pas chauffer suffisamment les pieds.

Thermo-siphons. — Les *thermo-siphons* sont des appareils à circulation d'eau chaude; ils ont été inaugurés en France par la Compagnie de l'Est et leur emploi s'est étendu à certaines catégories de voitures sur les réseaux de l'Etat, de l'Ouest et du P.-L.-M.

Les chemins de fer de l'Etat français emploient le thermo-siphon Gallet dans un certain nombre de voitures de luxe. Un double foyer en tôle situé sous la caisse de la voiture et muni de portes à chaque extrémité renferme deux grilles en fil de fer, remplies de combustible. Le foyer est muni d'une prise d'air mobile à la partie inférieure et d'un tuyau d'échappement des gaz, et à double enveloppe pour la circulation de l'eau. Une canalisation longe la caisse de la voiture et conduit l'eau chaude dans les bouillottes placées dans les compartiments. Ces bouillottes sont composées de deux faisceaux de quinze tubes juxtaposés.

La Compagnie de l'Ouest a installé sur cinquante de ses voitures un autre système de thermo-siphon. L'eau circule dans un serpentin autour

d'un foyer en forme de manchon perforé; elle est ensuite amenée aux chaufferettes, qui sont formées d'une boite en tôle dans laquelle des chicanes contrarient la circulation de l'eau. Le réglage de la chaleur se fait à l'aide d'un papillon contenu dans la cheminée du foyer.

Les thermo-siphons sont chauffés à l'anthracite, au charbon de Paris, au coke de tourbe, etc.

On reproche à cette classe d'appareils d'exiger au moins deux heures de chauffage préalable pour la mise en train.

Chauffage Belleroche. — Le chemin de fer Grand Central belge fait usage d'un mode particulier de chauffage à eau chaude imaginé par *M. Belleroche*. C'est un système continu; l'eau chaude, partant de la locomotive, y retourne après avoir parcouru toutes les chaufferettes du train.

Sur le tender est placé un accumulateur d'eau chaude, retour du train. Cette eau se mélange dans un réservoir avec l'appoint voulu d'eau froide fournie par le tender et est alors lancée par un injecteur à vapeur dans la conduite de chauffage du train.

Les voitures portent, par compartiment, deux chaufferettes en fonte fixes, placées sous les pieds des voyageurs. Ces chaufferettes sont reliées entre elles, en deux files parallèles à la longueur du train, d'un côté par la conduite d'arrivée d'eau chaude, de l'autre par la conduite de retour. Les conduites des diverses voitures sont, réunies entre elles par des raccords flexibles.

Chauffage par la vapeur. — Le *chauffage par la vapeur* est appliqué notamment en Allemagne, en Autriche, en Italie, en Suisse, en Hollande, en Amérique, etc., il est devenu d'un emploi général en France, il tend à remplacer tous les autres.

La vapeur prise sur la locomotive circule d'un bout à l'autre du train dans des tuyaux traversant les compartiments à chauffer, après avoir passé dans un détendeur de vapeur qui abaisse la pression.

Une seule conduite générale règne sous toutes les voitures et la vapeur circule de l'avant à l'arrière du train, sans retour. Sur cette conduite se branchent des tubes placés sous les banquettes, au nombre de deux; un écran métallique préserve les étoffes et les boiseries et renvoie la chaleur vers le milieu du compartiment. Les tubes sont des cylindres en cuivre dans lesquels la vapeur reste stationnaire.

En Hollande, un troisième cylindre est placé dans l'axe du compartiment; il est séparé des pieds des voyageurs par une gaine en tôle.

Les voyageurs peuvent régler la chaleur à l'aide d'un robinet qui permet de fermer l'admission complète dans les deux tubes ou dans

l'un des deux seulement. L'indication *chaud* correspond à la pleine admission de la vapeur dans les deux tubes.

Les voitures sont reliées entre elles par un raccord mobile en forme de V portant à sa partie inférieure une soupape de vidange réglée de manière à rester ouverte lorsque l'appareil ne fonctionne pas et pour laisser, à ce moment, écouler l'eau de condensation. Cette soupape se ferme automatiquement lorsque sa pression dépasse 1/2 kilogramme.

A l'arrière de la dernière voiture, un petit ajutage de faible section forme l'extrémité de la conduite.

Ce mode de chauffage donne d'excellents résultats dans les pays froids et pour les trains qui effectuent de très longs parcours sans être remaniés, mais il faut redouter, comme dans le système Belleroche, les fortes gelées, les fuites par les raccords et les soupapes, qui entourent le train de buée, et surtout l'échappement de la vapeur par l'arrière, masquant la vue du train et de ses signaux. Des expériences faites sur les chemins de fer de l'Etat prussien ont montré qu'avec le système allemand le degré de chaleur dans les voitures d'un train diminue en raison directe de leur éloignement de la locomotive : la chaleur est insuffisante au delà de la huitième ou dixième voiture. Aussi est-on obligé d'intercaler dans les trains un fourgon-chaudière contenant un générateur à vapeur pour chauffer la queue du train.

Le chauffage doit être commencé environ une heure d'avance et il faut, en conséquence que la machine soit attelée à ce moment à son train, si l'on ne dispose pas d'une machine spécialisée dans ce but. Il est, en outre, impossible d'intercaler des voitures non munies de conduites. La locomotive doit fournir 10 kilogrammes de vapeur par voiture et par heure, ce qui correspond à une consommation d'environ 2 kilogrammes de charbon.

Systèmes français. — En France comme il vient d'être dit, le chauffage par la vapeur se généralise.

Le chemin de fer de l'Etat a mis en essai le chauffage à la vapeur d'un modèle allemand qui consiste à faire circuler de la vapeur dans des radiateurs placés dans les compartiments.

La Compagnie de l'Est envoie dans des conduites situées sous les voitures, et venant chauffer par contact des plaques de diffusion placées sous les pieds des voyageurs, un mélange de vapeur et d'air comprimé à 3 kilogrammes, fourni par la locomotive. Le chauffage est réglé de l'extérieur des voitures.

A la Compagnie P.-L.-M., des bouillottes fixes placées sous les pieds des voyageurs et remplies d'un liquide incongelable sont chauffées par des dérivations de vapeur branchées sur une conduite générale longeant le train sous les voitures et recevant de la vapeur à basse

pression (1 kilogramme) de la locomotive. Le chauffage de chaque compartiment peut être réglé par les voyageurs de ce compartiment.

Ce système de chauffage est en service également au Midi et à l'Ouest.

Pour les nouvelles applications du chauffage par la vapeur, la Compagnie P.-L.-M. emploie un système plus simple et moins coûteux, le système Heintz, dans lequel un mélange de vapeur et d'air sans pression circule dans les chaufferettes, qui ne contiennent plus de liquide formant volant de chaleur.

Au chemin de fer du Nord, le chauffage est réalisé par des chaufferettes noyées dans les planchers et dans lesquelles circule de l'eau chauffée et mise en mouvement à l'aide d'un injecteur Koerting placé dans chaque véhicule et recevant la vapeur à 3 kilogrammes d'une conduite générale alimentée par la locomotive. Des wagons-lits sont chauffés par ce système.

Le chauffage des trains par la vapeur exige : soit que la locomotive vienne se mettre en tête du train assez longtemps à l'avance pour que les voitures puissent être chauffées suffisamment lorsque le train part, soit qu'une chaudière spéciale se trouve placée à proximité du lieu de garage du train en vue de fournir la vapeur avant l'arrivée de la locomotive.

Les chemins de fer allemands ont résolu le problème en installant, dans un fourgon spécial, une chaudière tubulaire à vaporisation rapide (système R. Wolf de Magdebourg). Le fourgon-chaufferie commence le chauffage du train, quel que soit l'emplacement de celui-ci dans la gare, il le suit dans les manœuvres, et, sur certaines lignes, le fourgon-chaufferie accompagne même le train sur tout son parcours ; il est placé au milieu du train lorsque celui-ci est long, et chauffe l'arrière du train tandis que la locomotive chauffe l'avant [1].

[1] Voir Regray : *le Chauffage des voitures de toutes classes sur les chemins de fer.*

CINQUIÈME PARTIE

EXPLOITATION

ADMINISTRATIVE, TECHNIQUE ET COMMERCIALE

CHAPITRE XVII

DIVISION DES SERVICES

L'administration d'un chemin de fer comprend tous les services qui concourent à assurer la circulation et les transports. Elle est régie par un directeur ou par un comité de direction et est généralement divisée en quatre services [1] :

L'**Administration Centrale,** comportant un secrétaire général, qui comprend dans ses attributions les relations de la Compagnie avec les administrations publiques, la correspondance, la publicité, la comptabilité centrale comprenant la caisse, le service des titres, le budget, la caisse des retraites et les cautionnements ; le contentieux et le domaine, qui lui sont généralement réunis ;

La **Construction,** à laquelle on rattache quelquefois l'entretien et la surveillance de la *voie*, qui, dans d'autres cas, dépendent de la direction de l'exploitation :

Le **Matériel et Traction,** comprenant le service du matériel roulant et celui de la traction, forme tantôt un service spécial, tantôt un service rattaché à la direction de l'exploitation

Enfin l'**Exploitation** proprement dite, formant l'objet du présent chapitre.

1. Voir : *Organisation des services d'administration centrale et des services extérieurs* (Congrès de Londres, 1895), dans les *Bulletins*, de février, avril 1895 et mars 1897, *de la Commission internationale des Congrès de Chemins de fer.*

Exploitation.

En France, à la tête de ce service est placé un chef d'exploitation, centralisant toutes les subdivisions, qui sont, à très peu d'exceptions près, les mêmes dans toutes les Compagnies françaises, à savoir :

Le **service central,** chargé de la correspondance, des archives de l'exploitation, de l'expédition sur la ligne des ordres de service, règlements, affiches, etc., de la comptabilité des dépenses, des registres et dossiers du personnel.

Le **mouvement,** chargé d'assurer l'organisation et la marche des trains, leur composition, la répartition du matériel, la police des trains, le personnel des trains.

Les inspections. — La ligne est divisée en sections, à la tête de chacune desquelles est placé un inspecteur principal ou agent divisionnaire, assisté d'inspecteurs, ayant autorité sur tout le personnel des gares et stations, ainsi que sur le personnel des trains circulant dans sa section, et chargé d'assurer la bonne marche des trains, de veiller à la bonne répartition du matériel, de préparer les feuilles de solde du personnel de sa circonscription, de transmettre au chef d'exploitation les rapports journaliers des gares et stations, en signalant les irrégularités et proposant les mesures destinées à en éviter le retour ; d'assurer la bonne manutention des marchandises dans les gares et stations, de contrôler le factage et le camionnage et de surveiller les correspondances, de régler, d'accord avec le service commercial, les réclamations d'une importance déterminée, de signaler au chef d'exploitation toutes les mesures propres à assurer le développement du trafic, de correspondre avec les ingénieurs de la Traction, de la Voie ou du Matériel, dont les sections correspondent à la sienne, pour activer la solution de toutes les affaires de service courant, telles que mise en marche de certains trains, mesures à prendre en cas d'accidents, entretien des gares, voies, bâtiments, enquêtes contradictoires, etc.

Le service technique. — Ce service existe dans plusieurs Compagnies, comme aux chemins de fer de Lyon, du Midi et du Nord, par exemple : il a pour but de centraliser l'étude des besoins de l'exploitation, au point de vue de la disposition des voies et bâtiments et des signaux, de l'emploi des appareils destinés à faciliter la manutention, etc.

Le contrôle des recettes. — Ce service centralise la réception et la vérification de toutes les pièces comptables envoyées par les gares,

le contrôle de la perception et du versement des recettes, l'établissement du débit et du crédit des stations, ainsi que des balances mensuelles envoyées par les gares, enfin les comptes courants avec les administrations étrangères.

Des inspecteurs spéciaux, dits inspecteurs de comptabilité, vérifient dans les gares les écritures et les caisses, et contrôlent les billets en magasin.

Le service commercial. — Ce service est chargé de préparer et d'exécuter les mesures destinées à favoriser le développement du trafic de la Compagnie, ainsi que les réclamations qui peuvent être réglées à l'amiable, sans l'intervention du service du contentieux. On peut également rattacher à ce service l'agence internationale, qui comprend les relations de la Compagnie avec la douane française et avec les douanes des pays limitrophes.

La statistique. — La statistique comprend le mouvement des voyageurs et des marchandises, le poids des marchandises transportées, le nombre de têtes de bestiaux, le mouvement et le produit des arrivages et des expéditions, par nature de transport, par destination, l'utilisation de la charge des trains, etc..., en un mot tous les renseignements propres à éclairer et à guider le chef d'exploitation par la comparaison des moyens employés avec les résultats obtenus.

Les **services accessoires,** tels que :
Le service télégraphique ;
Le service de l'éclairage et du chauffage ;
Le service du mobilier et du petit matériel ;
Le service des imprimés et de la fabrication des billets;
Le service médical.

CHAPITRE XVIII

ORGANISATION DES GARES

§ 1. — Désignation des voies.

Les voies se classent en deux catégories :

Les **voies principales,** sur lesquelles les trains circulent soit pour traverser les gares, soit pour se rendre d'une gare à l'autre ;

Les **voies accessoires** ou de service, comprenant les voies de garage, les voies de manœuvres, les voies de triage et, en général, toutes les voies en dehors des voies principales.

La voie principale parcourue par les trains allant dans le sens du kilométrage de la ligne s'appelle *voie gauche,* quelquefois *voie montante, voie impaire* ou *voie n°* 1, et les trains qui la parcourent portent des numéros impairs.

La voie principale parcourue par les trains allant en sens inverse du kilométrage s'appelle *voie droite, descendante, voie paire* ou *voie n°* 2 ; les trains qui la parcourent portent des numéros pairs.

En général, le kilométrage est compté au départ de Paris, sauf sur certaines sections de lignes transversales, où l'on a dû adopter un sens conventionnel.

§ 2. — Haltes et stations de voyageurs.

Haltes. — Les haltes constituent de simples points d'arrêt pour les trains ; sur les lignes à double voie, elles nécessitent seulement l'installation de quais d'embarquement d'une longueur de 100 mètres au plus (à moins qu'il ne s'agisse de haltes de banlieue desservies par des trains d'une grande longueur), et d'un bâtiment réduit qui n'est, la plupart du temps, que la maison du garde du passage à niveau auprès duquel doit être située la halte. Dans ce cas, le bâtiment est situé à l'extrémité du quai ; sa distribution est des plus simples, une salle d'attente attenant à la maison du garde, donnant d'un côté sur la cour d'accès, de l'autre sur le quai, et dans laquelle se trouve un guichet pour la distribution des billets. Sur les lignes à double voie, les haltes ne comportent habituellement aucune liaison entre les voies principales.

Stations. — Quand le mouvement des voyageurs prend une certaine importance, le bâtiment ne peut être confondu avec la maison du garde-barrière ; le rez-de-chaussée est consacré au service, et l'étage au logement du chef ; la distribution du rez-de-chaussée comprend un vestibule central servant de salle des bagages ; d'une part, un bureau avec un ou plusieurs guichets servant pour la distribution des billets et l'enregistrement des bagages ; de l'autre, soit une salle d'attente commune, soit une série de salles, de 1re, de 2e et de 3e classe.

On peut donner aux salles d'attente une surface calculée à raison de 1 mètre carré par voyageur. Le chiffre des voyageurs à compter est le nombre maximum de ceux qui peuvent se présenter pour partir par un même train de la journée ; s'il y a croisement de trains dans la gare, on double ce chiffre.

Au lieu de faire ces calculs, on se borne généralement à avoir une série de quatre ou cinq types de bâtiments de grandeur différente, entre lesquels on fait un choix suivant l'importance des points à desservir. Pour les bureaux, on ne peut pas compter sur moins de 6 à 8 mètres carrés ; quand il y a plus de un employé, on peut ajouter 1 mètre carré environ par employé.

Souvent, sur le quai opposé au bâtiment, s'élève un portique, et le bâtiment principal est flanqué, de part et d'autre, de deux annexes, les cabinets d'aisances avec urinoirs, et la lampisterie.

Parmi les dispositions spéciales de stations de voyageurs, on peut citer celle adoptée par le chemin de fer d'Auteuil, par exemple, où le bâtiment est situé au-dessus des voies, à cause de la différence de niveau entre l'assiette de la voie et les accès de la gare ; le service des bagages étant, dans ce cas, sans importance, l'inconvénient du transport des bagages d'un étage à l'autre est très atténué.

Dans les gares plus importantes, telles que Saint-Germain, etc., on a été conduit à installer des monte-charges, pour remédier à cet inconvénient.

En ce qui concerne les voies, les dispositions diffèrent peu de celles des haltes : sur les lignes à double voie, on installe souvent une liaison entre les deux voies principales, afin de permettre aux machines de passer d'une voie à l'autre et de réduire ainsi le parcours à contre-voie, en cas d'accident sur l'une des voies ; ces liaisons sont disposées de manière que leurs aiguilles ne soient pas abordées en pointe par les trains circulant dans le sens normal. Sur les lignes à simple voie, la voie principale est la plupart du temps doublée, afin de pouvoir recevoir à la fois deux trains circulant en sens contraire.

§ 3. — Stations de voyageurs et de marchandises.

Service des voyageurs. — L'économie générale de la distribution du rez-de-chaussée du bâtiment principal ne diffère pas de celle indiquée ci-dessus : toutefois, elle se complique à mesure qu'augmente l'importance de la station ; il faut un bureau séparé pour le chef de gare, quelquefois un bureau spécial pour le surveillant, le sous-chef, le commissaire de surveillance administrative, le commissaire spécial de police, et une consigne pour les colis. Toutes les pièces doivent, autant que possible, donner sur le quai, et on ne peut guère reléguer du côté de la cour que le bureau des billets, la lampisterie et, à la rigueur, le télégraphe.

Les deux quais de voyageurs sont ordinairement situés en face l'un de l'autre et séparés par les deux voies principales ; quelquefois, le quai opposé au bâtiment est situé entre les voies principales ; avec cette disposition, les voyageurs descendent à droite, du côté de l'entre-voie ; mais le train n'intercepte pas, pendant son stationnement, le passage entre le bâtiment principal et le point de descente ou d'embarquement des voyageurs. Quelquefois, on dispose les têtes des deux quais (dans le sens de la marche des trains) en face l'une de l'autre, afin de diminuer le parcours que nécessite le transbordement des bagages, et aussi afin de passer facilement d'un quai à l'autre, pendant le stationnement des trains ; il est vrai que, comme les quais ne sont pas en face, on est forcé de doubler la longueur de la gare.

Dans certaines stations, on évite aux voyageurs la traversée des voies très fréquentées, en installant, pour relier les quais une passerelle ou un souterrain ; si le service des bagages est important, le souterrain est muni de rampes d'accès. On y installe même des transporteurs à mouvement continu, destinés à élever mécaniquement les colis et les tricycles chargés.

Service des marchandises. — Ce service comporte habituellement une halle à marchandises, un quai à bestiaux, un gabarit et un pont à bascule, quelquefois un treuil roulant ou une grue à pivot : ces installations diverses sont desservies par des voies de garage pour les wagons, situées de part et d'autre des voies principales, et reliées par une ou plusieurs traversées rectangulaires et des plaques tournantes.

Le service local est placé tantôt du même côté que le bâtiment des voyageurs, et alors la même cour d'accès sert pour les deux services, tantôt du côté opposé, disposition qui allonge moins la gare, mais qui crée deux issues et rend la surveillance moins facile.

Voies de garage. - Le plus grand nombre des stations de passage

est disposé de manière à pouvoir offrir un garage aux trains de marchandises dépassés par d'autres trains soit dans un sens, soit dans les deux sens. La même voie peut servir à garer les trains circulant dans les deux sens, à la condition qu'elle soit reliée à l'une des voies principales par une aiguille et à l'autre par une traversée oblique ; une telle voie constitue, en quelque sorte, une liaison extérieure aux voies principales, pouvant servir à passer de l'une à l'autre.

Pour éviter les traversées obliques, on intercale quelquefois la voie de garage entre les voies principales et on la relie avec elles à ses deux extrémités ; mais, avec cette disposition, gênante pour le service des voyageurs, on est obligé de couper les trains garés pour pouvoir passer d'un quai à l'autre, et la surveillance est difficile.

Il arrive, le plus souvent, que les voies de garage sont situées d'un côté des voies principales, et les voies du service local des marchandises de l'autre côté : la halle, le gabarit et le pont à bascule sont concentrés et placés sur une même voie qui dessert aussi le quai à bestiaux ; ce dernier est construit dans l'angle de cette voie et de la traversée rectangulaire ; la plaque qui est à l'intersection correspond à un bout de voie aboutissant perpendiculairement à un pan coupé du quai, pour effectuer le chargement des wagons par le bout. Dans certaines stations, sur les nouvelles lignes à voie unique, où l'on a ajourné l'usage des plaques, le chargement par bout se fait à l'extrémité de la voie de la halle, dont le heurtoir a été transformé en rampe d'accès.

Il existe une disposition nouvelle pour les stations à faible trafic sur les lignes à voie unique. Elle consiste à placer en croix deux bouts de voie en impasse reliées à leur extrémité avec les voies principales. Ces deux impasses sont, à leur point de croisement, reliées par un double appareil de traversées-jonctions qui établit des relations faciles entre les quatre sections de voie. Cela permet de classer avant le passage des trains mixtes, et sans faire usage de plaques, les wagons que ces trains doivent enlever, et le dépôt des wagons qu'ils amènent peut se faire sans déplacer les wagons en déchargement.

Si le trafic a une certaine importance, une voie n'est plus suffisante pour le service local ; on ménage alors, entre la halle et les voies principales, une ou plusieurs voies destinées au garage des wagons vides ou chargés : elles sont reliées entre elles par des plaques, et, à leur extrémité, aux voies principales par des aiguilles.

Cour des marchandises. — La cour des marchandises, donnant accès à la halle et au quai à bestiaux, doit avoir environ 20 à 25 mètres de largeur ; elle sert à la circulation ainsi qu'au déchargement à terre de certaines marchandises encombrantes, telles que les

bois, les fers, les pierres, les minerais, les charbons, etc., ou à l'accès direct des voitures aux wagons, pour le transbordement de certaines marchandises expédiées par wagons complets, telles que la chaux, les pommes, les betteraves, etc.

Si ces deux catégories de chargements ont de l'importance, on place au fond de la cour une voie, dite *voie de ceinture*, reliée par des plaques ou par une aiguille à l'une de ses extrémités. Le terrain qui longe cette voie est souvent loué, sur une largeur de 5 à 10 mètres, à des clients de la Compagnie qui y font des dépôts de marchandises. L'intervalle ménagé entre les voies dans les cours doit, dans ce cas, être de 25 à 30 mètres.

Lorsque les chargements de pierres et de bois en grume nécessitent cette dépense, on installe un treuil roulant d'une portée de 8 ou de 12 mètres, soit sur la même voie que la halle, soit, ce qui est préférable, sur une voie indépendante, mais toujours reliée à l'une de ses extrémités par une aiguille, parce que les bois d'une grande longueur se chargent sur plusieurs wagons accouplés qu'il est difficile de tourner ensemble sur les plaques.

Halles à marchandises. — Les halles ont au plus 80 à 100 mètres de longueur; la largeur du quai est variable, mais elle est rarement inférieure à 8 mètres et supérieure à 25 mètres. Toutefois, s'il s'agit d'une halle d'arrivages en douane, on donne souvent au quai une largeur bien plus grande, 30 à 35 mètres, et on le divise en deux parties par une cloison longitudinale servant à séparer le magasin où se fait la visite, de la partie où l'on dépose les colis visités, en attendant leur enlèvement.

Les halles et quais découverts sont, en général, placés à la suite sur la même voie et séparés par des traversées rectangulaires distantes de 100 mètres environ. La surface de quai nécessaire pour un trafic donné varie avec la nature de ce trafic : cependant, on peut admettre qu'il faut donner aux halles d'arrivages 1 mètre carré pour 25 tonnes de trafic annuel (marchandises passant exclusivement sous la halle), et aux halles d'expédition 1 mètre carré pour 40 à 50 tonnes.

Les délais accordés pour l'enlèvement des marchandises par les destinataires réduisent, comme on le voit, de près de moitié l'utilisation des halles d'arrivages.

§ 4. — Gares de bifurcation et d'embranchement.

Tête d'embranchement. — Lorsqu'un embranchement de minime importance vient se souder à une grande ligne, on juge d'ordinaire

inutile d'installer une bifurcation à la gare de jonction ; l'origine de la petite ligne forme, pour ainsi dire, une gare de tête séparée, juxtaposée à une station de passage. Dans ce cas, la voie d'embranchement vient aboutir en impasse près du bâtiment principal, de l'autre côté de l'un des quais de voyageurs, par rapport aux voies de la ligne principale : une seconde voie, reliée à la précédente par une aiguille posée à son extrémité, sert à dégager la machine qui doit passer de tête en queue, lorsque le même train fait un service de navette sur l'embranchement ; la voie de dégagement aboutit quelquefois à un pont tournant pour la machine. Ordinairement, les trains circulant sur l'embranchement sont mixtes, c'est-à-dire que l'on place des wagons de marchandises entre la machine et les voitures de voyageurs ; il faut donc ménager, entre l'extrémité de la voie et l'aiguille de dégagement, la place nécessaire pour que la machine puisse refouler les wagons en se dégageant et les conduire dans les voies de marchandises et du service local : il faut de même prévoir des installations qui facilitent la mise en tête du train des wagons de marchandises, avant le départ.

Bifurcation de deux lignes. — Au point de bifurcation de deux lignes d'importance à peu près égale, la gare des voyageurs est placée soit dans l'angle de la bifurcation, soit sur l'un des côtés, soit enfin sur le tronc commun. La première disposition a l'avantage de permettre le stationnement simultané de quatre trains en face des quais de voyageurs ; mais la sortie des voyageurs est assez difficile, soit qu'elle se fasse par des escaliers, si la route passe au-dessus des voies, soit qu'elle se fasse par des passages à niveau, que les voyageurs sont obligés de traverser de toute façon et qui sont précisément fermés, au moment du passage du train par lequel arrivent ces voyageurs. La deuxième disposition oblige les voyageurs à traverser les voies dans trois cas sur quatre, mais elle convient mieux dans une grande gare où le service des bagages est important. La troisième disposition exclut la simultanéité de stationnement de quatre trains, mais elle suffit la plupart du temps, puisque la correspondance, et, par suite, la coïncidence, n'est nécessaire qu'entre deux trains au plus, marchant en sens inverse et circulant respectivement sur chacune des deux branches. Dans ce dernier cas, la bifurcation est tout à fait isolée et distante de la gare des voyageurs qui rentre dans la catégorie des stations de passage.

Gares à plusieurs directions. — Les gares de bifurcation, où viennent aboutir un certain nombre de lignes, nécessitent quelques installations spéciales à la correspondance entre les trains de ces diverses provenances. On admet en principe qu'il faut autant de voies

de voyageurs desservies par des quais qu'il y a de directions aboutissant à la gare. Ces voies sont reliées à leurs extrémités par des aiguilles disposées de manière que les trains puissent arriver et partir dans toutes les directions sur le plus grand nombre de voies possible. A cet effet, on place souvent, de part et d'autre de la gare des voyageurs, entre les deux voies principales, des liaisons en croix, dites *bretelles*, pour donner toutes les facilités possibles. Toutes les voies sont, en outre, reliées à la remise des voitures, par une traversée rectangulaire munie d'un chariot ou de plaques d'un diamètre de $4^m,80$, de telle façon qu'il soit aisé de modifier rapidement la composition des trains.

Lorsque plusieurs des directions aboutissant à la gare sont desservies par des trains mixtes, le problème se complique, parce qu'il faut ménager la possibilité de faire la manœuvre des wagons de marchandises placés en tête du train, pendant un stationnement de dix à quinze minutes ; or, dans les gares importantes, l'accès des voies de marchandises est souvent distant de 3 ou 400 mètres du service des voyageurs ; on est conduit, par suite, à placer, entre les voies de voyageurs, des voies d'*attente* ou d'*échange*, aboutissant généralement en impasse contre les quais de voyageurs, et reliées par des aiguilles ou par des plaques avec les voies principales et, s'il est possible, avec le service local des marchandises : ces voies doivent être assez longues pour que l'on puisse y garer à la fois dix à douze wagons. On les dispose habituellement de manière que la manœuvre des wagons puisse se faire pendant le stationnement des voitures à voyageurs devant les quais.

Entrée directe des trains dans les garages. — L'importance des gares dont il vient d'être question nécessite quelquefois certaines dispositions tout à fait spéciales, pour le service des trains de marchandises. En effet, le matériel des trains de voyageurs qui aboutissent à ces gares peut servir à former, au bout de quelque temps, un train en sens inverse ; dans l'intervalle, ce matériel stationne sur l'une des voies principales et gêne, par conséquent, la circulation ; de plus, le mouvement continuel de voyageurs et de bagages qui se produit à certaines heures de la journée entre les quais rendrait très difficile, tardive et même dangereuse la traversée de la gare des voyageurs par des trains de marchandises, qui arrivent pour se garer. Dans ce cas, on dirige directement ces trains, dès l'entrée en gare, dans les voies de garage qui leur sont affectées et sur lesquelles ces trains stationnent, soit qu'un train marchant plus vite doive les dépasser, soit qu'ils aient des manœuvres à faire à leur passage, soit enfin qu'ils aient à subir un remaniement complet. On crée ainsi, aux deux extrémités de la gare, des bifurcations de trains de mar-

chandises ; l'inconvénient n'est pas grave, parce que tous les trains doivent s'arrêter dans la gare.

Les voies de garage dans lesquelles pénètrent les trains sont reliées à leurs deux extrémités par des aiguilles et ont, généralement, 350 à 400 mètres de longueur et même davantage ; on doit pouvoir y garer des trains complets. Si toutes ces voies sont reliées aux deux bouts à une même voie, dite *voie-mère*, les garages vont en décroissant de longueur ; on préfère souvent les relier par une extrémité à la première voie, et, par l'autre, à la dernière, en formant comme un parallélogramme de voies qui sont toutes de la même longueur.

Triage des wagons et formation des trains de marchandises. — Le remaniement des trains de marchandises dans les grandes gares, connues généralement sous le nom de *gares de triage*, prend, de jour en jour, plus d'importance à mesure que les lignes se multiplient, et nécessite des dispositions de voies tout à fait particulières.

Les trains aboutissant aux gares de triage, et destinés à être remaniés, renferment les éléments de formation des trains de plusieurs embranchements ; de là résulte la nécessité de décomposer ces trains et de placer les wagons de telle façon que l'on ait à les manœuvrer le moins possible jusqu'à leur arrivée à destination. Le triage a pour but de classer *par directions* les wagons amenés par les trains, et de former avec ces wagons de nouveaux trains dans lesquels les wagons *soient rangés par destination dans l'ordre des stations*, de manière que ceux de la première destination qui se présente dans le sens de la marche du train soient placés en tête, derrière le fourgon. Ces deux opérations peuvent se faire sur le même groupe de voies ou sur des groupes distincts, à l'aide de la machine ou sous l'influence de la pente.

Lorsque l'on fait usage de machines pour faire le triage, les voies de triage et de formation des trains sont terminées en impasse, et forment un faisceau relié à son extrémité à une voie dite de *manœuvres* ou de *tiroir*, communiquant avec les voies de garage et terminée elle-même par un heurtoir.

En principe, il faut autant de voies de triage qu'il y a de directions aboutissant à la gare de triage ; mais, si quelques-unes de ces directions donnent lieu à un trafic très important, on leur affecte plusieurs voies de triage : ces voies ont, en général, 100 à 150 mètres de longueur, si l'on ne doit y faire que l'opération du triage proprement dit ; si, au contraire, le même faisceau de voies sert à classer les wagons pour la formation des trains, chaque voie doit avoir la longueur d'un train complet et le faisceau s'augmente d'une voie supplémentaire ou voie de dépôt servant à déposer les coupes de wagons qui ne se présentent pas dans l'ordre voulu pour le classement par destination ; on les

reprend ensuite et on y dépose d'autres coupes à mesure que l'opération se poursuit. Si la gare est très importante, on sépare ces deux sortes de manœuvres, qui peuvent s'effectuer simultanément sur deux faisceaux juxtaposés. Dans ce cas, il faut prévoir un certain nombre de voies d'attente, sur lesquelles sont déposés les trains tout formés, jusqu'à l'heure de leur départ. Ces voies ne sont pas toujours en impasse, par exemple lorsqu'elles desservent des directions opposées au sens dans lequel se fait le triage ; on évite de la sorte les manœuvres qu'il y aurait lieu de faire pour mettre la machine en tête du train formé.

Cette méthode de classement des wagons nécessite l'emploi continu d'une machine et la manœuvre réitérée des mêmes wagons sur les mêmes aiguilles : on y a substitué le triage par la *gravité* sur des voies en pente.

En Angleterre, on relie quelquefois les voies d'arrivée des trains de marchandises à trois faisceaux successifs de voies dont les deux premiers s'appellent *grils*, et sont disposés en pentes de 8 à 12 millimètres : les wagons numérotés à l'avance sont abandonnés à la pesanteur et reçus dans le premier groupe, qui contient autant de voies qu'il y a de directions. Les voies du second gril sont courtes et l'on y fait le classement des wagons par destination pour chaque direction ; enfin, le troisième faisceau sert à former les trains de chaque direction avec les éléments classés dans le gril précédent.

Cette installation exige une grande surface de terrain en longueur. Si l'on ne dispose pas de cette longueur, on peut appliquer un système mixte ayant pour but de supprimer l'usage de la machine, au moins pour le triage proprement dit. Les wagons amenés à l'extrémité d'une voie de manœuvres sont abandonnés à eux-mêmes sur cette voie, qui aboutit à des voies de triage en impasse et en palier. La meilleure pente à donner aux voies de manœuvres paraît être celle de 0,009 par mètre, continuée jusqu'au delà des aiguilles des voies de triage, pour compenser les résistances supplémentaires créées au passage des courbes de raccord et des croisements de ces aiguilles.

Avec des pentes supérieures, si la voie de manœuvres est en ligne droite, les wagons non munis de frein viendraient heurter avec trop de violence ceux qui se trouvent déjà sur les voies de triage. Si la voie de manœuvres est elle-même en courbe, de 500 mètres, par exemple, disposition qui est d'ailleurs à éviter, on ne doit pas craindre de lui donner jusqu'à $0^m,01$ à $0^m,02$ de pente, pour compenser la résistance supplémentaire due à la courbe.

Pour assurer le classement des wagons par stations, on peut encore utilement installer sur les voies de triage des traversées rectangulaires desservies par des chariots à main ou à vapeur et mieux par des plaques mues mécaniquement, si le mouvement des wagons est important. Enfin, M. David, ingénieur à la Compagnie du Midi, a

récemment imaginé de faire ce classement en disposant sur une *voie-mère* un certain nombre de plaques tournantes, autour desquelles rayonneraient des bouts de voie très courts [1].

Bâtiments. — Les bâtiments de voyageurs des grandes gares de bifurcation occupent une surface considérable, en raison des nécessités compliquées du service des voyageurs et du transbordement des bagages; ils s'étendent surtout dans le sens de la longueur, qui peut atteindre 60 à 80 mètres; les ailes sont fréquemment en retour sur la cour, et, dans ce cas, l'intervalle forme un grand vestibule vitré, éclairé par le haut. Cette disposition est la plus commode; le service des bagages et messageries se trouve concentré au milieu; un bureau d'employés sépare la salle des bagages au départ de la salle des bagages à l'arrivée, le long de laquelle est disposée la sortie des voyageurs; à proximité doit se trouver une vaste consigne, pour déposer les colis non réclamés, et ceux qui doivent être transbordés.

L'une des ailes est entièrement affectée aux salles d'attente, buffet et buvette, avec logements à l'étage, loués au buffetier; on donne généralement au buffet 8 à 10 mètres de profondeur sur 5 à 6 mètres de largeur. L'autre aile du bâtiment est réservée aux bureaux, qui sont assez nombreux : bureau du chef avec local pour le commis d'ordre, bureau des sous-chefs, surveillants, avec pointeurs chargés de relever les numéros des voitures dont se composent les trains; bureau du télégraphe; bureau de l'inspecteur de l'exploitation, du commissaire de surveillance; quelquefois, bureau du commissaire de police avec salle d'attente, bureaux du préposé d'une Compagnie étrangère aboutissant à la gare en question, et du médecin de la Compagnie.

Tous ces bureaux ont environ 12 mètres carrés de surface; les premiers doivent avoir accès sur le quai; il faut également réserver les locaux pour le classement des archives et pour les piles télégraphiques. A l'étage se trouve le logement du chef et souvent d'autres agents de la gare. Dans des bâtiments annexes, on installe la lampisterie et les chaudières pour le service des chaufferettes des trains; un

1 On trouvera, au sujet des gares de triage, des renseignements dans les numéros suivants de la *Revue des Chemins de fer* :

Février et mars 1883. — *Étude sur les gares de triage avec voies de manœuvres inclinées. Triage par la gravité*;

Février 1888. — *Note sur l'application du triage par la gravité dans la gare de Périgueux*;

Mai 1888. — *Note sur les installations des gares de triage et de manutention à la Chapelle (Nord)*;

Novembre 1891. — *Note sur l'application du triage par la gravité à la gare des Aubrais.*

corps de garde pour les hommes d'équipe ; des dortoirs avec réfectoire et magasins à armoires pour les conducteurs des trains circulant sur les embranchements qui aboutissent à la gare considérée ; un abri pour la pompe à incendie et un magasin pour le service des travaux. Dans certaines gares de bifurcation, éloignées de tout centre d'habitation, les Compagnies ont dû créer de véritables cités ouvrières, dont les logements entourés de jardinets sont loués à des agents de la traction et de l'exploitation, à des prix très bas et représentant seulement l'intérêt et l'amortissement du capital engagé dans leur construction.

Enfin, dans les gares de frontières, il faut encore prévoir une série d'installations pour le service de la douane : salle de visite des bagages, cabinets de visite à corps, bureaux de l'inspecteur et du sous-inspecteur, des receveurs, des commis et vérificateurs ; corps de garde pour les douaniers, avec magasin de douane et même salle spéciale pour les emballeurs, etc.

Dépôt des machines et ateliers. — Le dépôt des machines doit être installé en un point de la gare où il ne peut gêner le service des marchandises, et, cependant, se trouver assez rapproché à la fois de ce service et de celui des voyageurs. Les voies qui le desservent doivent communiquer en plusieurs points avec ces deux services, afin que la même issue ne serve pas à la rentrée et à la sortie des machines. Les ateliers de réparation du matériel roulant sont desservis par une série de voies parallèles, que relie un chariot roulant.

§ 5. — Gares de tête et de rebroussement.

Service des voyageurs. — Lorsqu'une gare de passage doit servir d'origine à un service régulier ou accidentel, les seules installations spéciales à prévoir sont celles destinées au retour. A leur arrivée, les trains sont reçus comme des trains de passage. Lorsque les voyageurs sont descendus, on fait la manœuvre pour amener le matériel soit sur l'autre voie principale, soit sur des voies affectées au départ, si l'importance du service exige ces installations spéciales. Dans ce dernier cas, la voie de départ peut être placée soit de l'autre côté du quai des voyageurs, soit sur le quai lui-même, devant le bâtiment principal ; cette dernière disposition a l'inconvénient de nécessiter l'installation de rampes pour raccorder la voie.

A la gare de Chantilly, où on peut embarquer et faire partir, le jour des courses, 25.000 personnes en moins de une heure et demie, on a installé dix voies pour le départ successif des trains expédiés à cinq minutes d'intervalle. L'entre-voie est bombée de manière à pouvoir servir de quai pour les voyageurs ; ces voies, terminées en impasse et pou-

vant contenir des trains de vingt-quatre voitures, sont reliées, à leur extrémité, à la voie de retour vers Paris [1].

Gares terminus de voyageurs. — Les gares de tête, comme celles de Paris et de certaines grandes villes, où l'on a établi un point de rebroussement, sont en impasse. Leur surface est extrêmement variable, suivant qu'on y fait le service de la grande ligne ou celui de la banlieue.

1° *Grande ligne.* — Dans le cas le plus simple, on se borne à disposer un seul quai d'arrivée et un seul quai de départ, et, entre les deux quais, des voies destinées à remiser le matériel de formation des trains, et reliées par des plaques à la voie d'arrivée et à celle de départ. La halle couverte est bordée de bâtiments latéraux et le pignon est vitré, ou occupée par les bureaux de l'administration ; cette disposition est commode pour le service des bagages, qui se trouve assez rapproché des points de chargement et de déchargement des fourgons.

Les tables à bagages sont souvent disposées en V, de manière qu'elles puissent offrir le plus grand développement possible dans une salle de dimensions données. Du côté de l'arrivée, elles sont doubles ; sur la table intérieure se fait le classement des colis ainsi que leur livraison aux voyageurs, et la visite de l'octroi se fait sur la table extérieure.

Du côté du départ, on installe, dans les salles de bagages, des bascules à fleur de terre, sur lesquelles on pèse directement les tricycles chargés de bagages ; les tables sont alors supprimées. Ce système demande moins de place, et double à peu près la rapidité du service.

Quelquefois, afin d'éviter que les machines ne soient emprisonnées à l'extrémité de la voie d'arrivée, pendant tout le temps que stationne sur cette voie le matériel du train, on les fait passer de tête en queue dans l'avant-gare, pendant que le train est arrêté contre un quai où se fait, avant l'entrée en gare, le contrôle des billets ; ailleurs, une plaque tournante, ou une aiguille posée à l'extrémité de la voie d'arrivée, communique avec une voie de dégagement qui doit toujours rester libre pour le passage des machines.

2° *Banlieue.* — Pour le service de la banlieue, il convient de multiplier les trottoirs servant de débarcadère et les voies d'arrivée et de départ, sur lesquelles le matériel des trains arrivés stationne généralement, sans subir de remaniement, jusqu'à l'heure du départ. Dans ces conditions, il peut paraître important de fournir aux machines un dégagement immédiat, à l'arrivée des trains [2].

[1] Voir *Revue générale des Chemins de fer,* juillet 1897.

[2] On trouvera, dans le numéro de juin 1889 de la *Revue générale des Chemins de fer,* la description des dispositions adoptées à la nouvelle gare

Comme le service des trains de grande ligne exige souvent un remaniement plus ou moins complet des wagons qui composent les trains, il est bon d'installer à proximité de la gare une remise à voitures desservie par un certain nombre de voies de classement et de formation, reliées par des plaques et communiquant par des aiguilles avec les voies d'arrivée et de départ.

Les services accessoires que comporte une gare terminus sont les suivants : des bureaux pour l'octroi ; des installations spéciales au service de la messagerie, bureaux et halle desservis par des voies qui communiquent directement et facilement avec les voies de départ et d'arrivée de la grande ligne ; un service de douane, installé non seulement pour les bagages à l'arrivée, mais encore pour les messageries au départ et à l'arrivée, la visite se faisant à la gare terminus, au lieu de se faire à la frontière ; un quai d'embarquement pour les chevaux et voitures expédiés en grande vitesse ; un petit atelier pour la réparation immédiate et urgente du matériel roulant ; des bureaux pour la poste et une remise pour les bureaux ambulants ; des voies spécialement affectées au déchargement, à l'aide de treuils roulants, des paniers de marée qui arrivent la nuit par des trains spéciaux ; une cour pour le service du lait, qui se fait également la nuit, en grande vitesse, etc...

Toutes ces installations nécessitent d'assez grandes surfaces qui, à Paris, atteignent 3, 4, 5 hectares et plus. A défaut de chiffres bien établis, on peut admettre, à titre d'indication très générale, que la surface d'une gare terminus importante bien utilisée est de 250 à 300 ares par 100 trains expédiés ou reçus en vingt-quatre heures, et de 1 mètre carré pour un mouvement annuel de 80 à 100 voyageurs expédiés ou reçus (banlieue comprise).

Bureaux de ville. — On supplée souvent à l'éloignement des gares par des bureaux qui, situés dans des quartiers populeux et commerçants, fonctionnent comme de véritables gares, en évitant au public un trajet souvent considérable pour se rendre à la gare terminus.

§ 6. — Gares de marchandises.

Gares pour toutes marchandises. — Dans les gares de tête importantes, le nombre des halles étant souvent considérable, les dispositions indiquées ci-dessus pour un service local de marchandises, dans une gare de passage, ne sont plus suffisantes.

Généralement, on met à part les services exceptionnels assez impor-

Saint-Lazare, et, dans le numéro de novembre 1891, celles adoptées à la gare du Nord.

tants pour nécessiter les trains complets, tels que les charbons, les pierres, les fers, les bois, les bestiaux, etc.

Les trains amenant toutes les autres marchandises classées en bon ordre sont reçus dans des faisceaux de voies d'arrivée, où on les décompose suivant la nature du chargement des wagons. La disposition la plus avantageuse consiste à placer les halles d'arrivages le long de ces voies et à les échelonner en les reculant successivement d'une voie, de manière que le dégagement soit facile ; avec cette disposition, les cours qui séparent les lignes de halles vont en diminuant de largeur ; toutefois, on doit se réserver une largeur de 25 mètres pour la cour la plus étroite et lui donner 50 mètres si elle dessert deux halles ; chaque halle est séparée de sa voisine par deux traversées rectangulaires affectées chacune à un sens distinct de circulation.

Cette disposition, très commode, mais assez coûteuse, a été adoptée par la gare de Pantin ; à la Chapelle, les halles placées sur la même voie se commandent mutuellement.

A la gare de Bercy, les halles sont perpendiculaires aux voies d'arrivée, et le débranchement des trains, classés à Villeneuve-Saint-Georges, se fait exclusivement à l'aide de plaques ; avec ce système, l'installation est plus coûteuse et les manœuvres faites à bras sont un peu plus chères, mais la surface est mieux utilisée et l'accès des halles est plus commode pour le public.

Les halles pour les expéditions sont moins nombreuses, et la surface de leurs quais peut être plus restreinte, parce que la Compagnie n'est pas à la merci des destinataires pour l'enlèvement des marchandises. Les colis amenés sont pesés soit dans le camion qui les amène, sur un pont à bascule, à l'entrée des cours, soit sous la halle, sur une bascule ordinaire, et chargés en wagon le plus rapidement possible.

Les halles sont munies d'engins perfectionnés et destinés à activer et faciliter la manutention des colis : on emploie des grues à pivot, manœuvrées soit à bras, soit par un moteur hydraulique ou à vapeur, des grues Nepveu, qui sont à la fois pivotantes et roulantes, des treuils Mégy, qui ont, entre autres, l'avantage de pouvoir passer au-dessus des colis déjà gerbés sur le quai. On peut aussi remplacer l'usage des chevaux qui amènent les wagons et les font tourner sur des plaques, par des câbles mis en mouvement au moyen de cabestans hydrauliques et de poupées de renvoi.

Gares spéciales. — Charbons. — Le caractère principal et distinctif des gares aux charbons est de présenter une grande surface pour le déchargement à terre ; des groupes de trois voies, reliées à leur extrémité par des aiguilles et entre elles par des plaques ou des chariots, sont séparés par des cours pavées de 30 à 35 mètres de largeur ; la voie du milieu sert de dégagement pour les wagons vides, et le terrain est loué, de part et d'autre des voies latérales, sur une largeur de

10 mètres environ, à des marchands de charbon qui y établissent des dépôts. Quelquefois, on dispose des bouts de voie en X commandés à leur point de croisement par des plaques échelonnées sur une voie-mère pour transborder la houille directement de wagon en tombereau. Dans ce cas, pour faciliter les manœuvres des wagons, qui doivent être tous tournés sur plaques, on dispose parallèlement à la voie-mère une voie de circulation pour la machine de manutention, qui permet de tourner mécaniquement et de lancer les wagons au moyen de câbles et d'un cabestan à vapeur.

Gares aux pierres et aux fers. — La manœuvre des pierres se fait à l'aide de treuils roulants en bois ou mieux en fer, mus à vapeur ou à bras, d'une force de 10 à 15 et même 20 tonnes et d'une portée de 12 mètres en général, placés à cheval sur la voie et sur le chantier de dépôt, qui a environ 8 à 9 mètres de largeur ; on installe une voie de dégagement pour les wagons vides et une chaussée d'accès de 10 mètres de largeur, pour deux treuils roulants. L'écartement des voies est de 15 mètres d'axe en axe, et 18 mètres lorsqu'elles comprennent une chaussée d'accès : elles sont reliées par des plaques avec des traversées distantes de 100 mètres et, entre elles, par des aiguilles, à une de leurs extrémités.

Gares de transbordement. — Les gares communes à plusieurs Compagnies, aux points de raccordement et de contact qui existent entre elles, leur donnent la faculté de faire transiter leur matériel chargé de marchandises, depuis le lieu d'expédition jusqu'au lieu de destination ; mais elles n'usent pas toujours de cette faculté et préfèrent quelquefois transborder, au point d'échange, certaines marchandises, telles que les marchandises de détail. Il en est de même lorsque la construction ou l'état d'entretien des wagons n'est pas conciliable avec leur circulation sur une ligne étrangère, ou lorsque la gare commune relie deux lignes à écartement de voie différent.

Le transbordement se fait de plusieurs façons : on peut quelquefois, lorsque l'entre-voie n'est pas trop large, jeter une planche qui sert de pont entre deux wagons, et transporter les colis de l'un dans l'autre. Mais, la plupart du temps, les colis sortant d'un wagon doivent être chargés dans plusieurs autres, il faut pouvoir les déposer à terre : on dispose alors, à cet effet, un quai de 5 à 7 mètres de largeur et de 50 mètres de longueur environ, entouré d'un quadrilatère de voies reliées entre elles par des plaques. Le transbordement à couvert se fait encore sous des halles de 100 à 110 mètres de longueur et de 30 à 35 mètres de largeur, renfermant quatre quais séparés par deux voies, dans le sens de la longueur, et par une traversée, dans le sens de la largeur, et desservis extérieurement chacun par une voie. Enfin, en dehors de la halle, se trouvent des voies pour les wagons vides.

CHAPITRE XIX

EXPLOITATION DES GARES ET STATIONS

§ 1. — Personnel.

Chefs de gare. — Les chefs de gare dirigent dans son ensemble et dans ses détails tout le service des gares, comprenant : la police et le mouvement des voyageurs, la perception des taxes, la surveillance des cours et des voies, la formation, la décomposition et la circulation des trains dans l'enceinte des gares.

Ils veillent à la conservation de toutes les dépendances mobilières et immobilières affectées au service des gares ; ils sont responsables de tous les faits de leur service.

Ils ont sous leurs ordres tous les employés attachés au service de leur gare, sans exception, et aussi les conducteurs de train pendant la durée de leur séjour dans la gare. Ils ont autorité sur les mécaniciens pour tout ce qui concerne le service des trains et le mouvement des machines dans l'enceinte des gares. Ils remplissent quelquefois les fonctions de chefs de dépôt.

Les chefs de gare communiquent tous les règlements aux agents placés sous leurs ordres, en s'assurant que ceux-ci en ont bien saisi le sens ; ils fixent leurs heures de présence à la gare, ils répartissent le travail entre eux.

Ils sont aidés et suppléés, dans toutes les parties du service, par les sous-chefs de gare. Dans les gares où il n'y a pas de sous-chef, les chefs de gare sont suppléés pour la partie active du service par des surveillants.

Leurs relations avec le public doivent être empreintes de la plus grande politesse, et, en même temps, de fermeté, s'il y a lieu de faire observer les règlements. Ils doivent présenter à première réquisition le registre des réclamations.

Ils rendent compte chaque jour à l'Administration des faits intéressant le service et lui adressent un état donnant la situation du matériel en gare et faisant connaître le nombre de wagons ou de bâches, etc., etc., dont ils ont besoin.

Ils arrêtent les feuilles de paye des employés placés sous leurs ordres. Toute la comptabilité de la gare doit passer sous leurs yeux avant d'être envoyée au contrôle.

Employés. — Il y a, en première ligne, les receveurs chargés de centraliser les écritures et la comptabilité du service des bagages et des messageries, des marchandises en petite vitesse et des billets de voyageurs. Dans les stations de peu d'importance, un seul agent suffit pour les trois services : il prend le titre de facteur enregistrant ; mais on est la plupart du temps obligé de scinder la petite et la grande vitesse, et aussi le service des billets.

Dans les gares importantes, chacun de ces services est dirigé par un receveur qui a sous ses ordres des employés aux écritures, et entre lesquels se répartissent les expéditions, les arrivages, la comptabilité et la distribution des billets de chaque guichet. Le télégraphe, dans les gares où il n'est pas entre les mains des agents de l'Etat, est confié à un employé spécial qui reçoit, expédie et enregistre les dépêches de service ainsi que les dépêches privées, lorsque le poste télégraphique est ouvert au public.

Hommes d'équipe. — Les agents désignés sous le nom d'hommes d'équipe (et de facteurs de la grande vitesse) ont pour attributions de manœuvrer, accrocher, décrocher, charger et décharger les wagons, manipuler et peser les colis et bagages, nettoyer les stations, recueillir les billets ; ils sont, en général, payés à la journée et placés sous les ordres d'un chef d'équipe, chef de manœuvres, ou chef de quai, qui dépend lui-même du surveillant ou du chef de gare.

Plusieurs Compagnies ont pris le parti d'établir pour certaines parties du travail des gares le système du travail à forfait ou à la tâche, qui intéresse les agents en stimulant leur activité.

Aiguilleurs. — La surveillance de la manœuvre des aiguilles et, la plupart du temps, celle des signaux, sont confiées à des agents spéciaux qui prennent le titre d'*aiguilleurs*. Ces agents sont chargés de nettoyer les lames d'aiguilles et de graisser tous les mécanismes de ces appareils, de veiller à ce qu'aucun objet n'empêche le contact des lames avec le rail ; ils maintiennent le contrepoids et le levier de certaines aiguilles au passage des trains, ils coopèrent aux manœuvres des trains, en disposant l'aiguille dans le sens nécessaire, sur l'ordre de l'agent qui dirige ces manœuvres.

Ils assurent les signaux soit avec le drapeau ou la lanterne, soit en manœuvrant les disques, dont les leviers leur sont confiés.

La durée de leur présence au poste est généralement de douze heures ; quelquefois, le service est tiercé de huit en huit heures, par exemple aux bifurcations. Dans les gares, lorsque le service est permanent de jour et de nuit, les agents alternent ce service, de douze heures chaque semaine ou tous les dix jours, et, le jour du changement de service, un auxiliaire vient remplacer l'agent qui aurait deux factions successives à faire.

Pointeurs. — Le mouvement de matériel que comporte une grande gare exige le concours d'agents appelés *pointeurs*, qui sont destinés à relever exactement les numéros des wagons et des bâches qui entrent dans la gare et qui en sortent par les divers trains de la journée. Ces données sont indispensables pour établir la statistique du stationnement des wagons et de l'utilisation du matériel roulant, ainsi que la comptabilité des échanges avec les Compagnies étrangères.

§ 2. — Service des gares.

Service des trains. — La régularité et l'exactitude du départ des trains doivent être l'objet de l'attention continuelle des chefs de gare ; c'est un élément essentiel de sécurité et il a une telle importance que certaines Compagnies, le Nord entre autres, assurent aux agents des gares des primes constituant, chaque mois, une rétribution supplémentaire aux salaires et aux traitements, et s'élevant jusqu'à 0 fr. 10 et 0 fr. 15 pour tout train parti exactement de la gare de tête, et pour tout train qui n'a stationné que pendant le délai réglementaire dans une gare de passage.

Manœuvre de trains et de wagons. — Lorsqu'un train doit se garer, l'employé qui commande la manœuvre doit s'assurer : que la voie de garage est assez longue pour contenir le train, sans que les croisements soient engagés ; que tous les signaux utiles sont faits pour protéger la manœuvre, et que les aiguilles sont bien disposées.

Dans toutes les manœuvres de débranchement, les mouvements que le mécanicien doit effectuer lui sont indiqués par le chef de manœuvre, qui fait usage soit de la corne d'appel, soit du drapeau ou de la lanterne pour commander l'arrêt la marche en avant ou en arrière ; les voies sur lesquelles doivent être envoyés les wagons sont désignées par lui à haute voix, et ces indications sont transmises, au besoin, de bouche en bouche, jusqu'aux aiguilleurs chargés de diriger les aiguilles dans le sens convenable. Dans les grandes gares de triage et de formation, des agents munis de bâtons ou *garrots* sont échelonnés sur la longueur du train et ont pour mission de détacher les tendeurs des wagons, dont les chaînes de sûreté ont été préalablement décrochées, d'accompagner les wagons lancés sur les voies, et de les arrêter au point convenable, soit à l'aide de freins, soit à l'aide de leurs bâtons. Il y a cependant des cas où les manœuvres *au lancer* sont interdites ; par exemple, si la nature des marchandises renfermées dans les wagons exige que l'on évite absolument les chocs ; dans ce cas, la machine accompagne les wagons jusqu'au point où ils doivent être placés, et leur décrochage ne se fait qu'après l'arrêt complet ; c'est le cas des wagons chargés de poudre, qui ne doivent

être manœuvrés, à l'aide de machines, qu'à la condition qu'ils soient séparés de ces machines par trois wagons au moins ne renfermant aucune matière facilement explosible ou inflammable, et que les manœuvres s'effectuent à la vitesse d'un homme marchant au pas : ces wagons doivent toujours être accompagnés d'un agent spécialement chargé d'en surveiller le mouvement.

Il est formellement interdit aux agents qui concourent aux manœuvres :

1° De s'introduire entre les véhicules d'un train en mouvement, et de passer entre les wagons, pour les accrocher ou les décrocher, avant l'arrêt complet ;

2° De se tenir vis-à-vis des tampons, d'y poser les mains ou de s'y appuyer ;

3° De traverser les voies devant les machines en marche, ou entre deux parties de train en mouvement, imprudences que commettent trop souvent les agents ;

4° De se contenter d'atteler les véhicules avec les chaînes de sûreté.

Dans les grandes gares de triage et dans les gares de tête, des machines sont spécialement affectées aux manœuvres de débranchement et de formation des trains de marchandises sur des voies en palier : dans ces conditions, en admettant que les manœuvres puissent se faire au lancer, il faut compter, en moyenne, sur trente à quarante minutes *pour débrancher un train, et une heure au maximum pour former un train avec des éléments bien classés.* Les manœuvres s'effectuant en général avec une vitesse de 100 mètres par minute, les mouvements nécessaires pour prendre une coupe de wagons sur une voie, aller en avant et refouler sur une autre, exigent en moyenne *cinq minutes.* En faisant usage de la gravité, il ne faut guère plus de quinze à vingt minutes pour effectuer la décomposition complète d'un train.

La manœuvre des wagons sur les plaques se fait à bras d'homme, quand l'importance de la gare ne comporte pas l'emploi de chevaux : il faut trois ou quatre hommes pour tourner sur plaque un wagon chargé ; un seul cheval attelé au même wagon atteint le même résultat dans un temps trois fois moindre. Quand le trafic est très important, on a intérêt à faire manœuvrer les plaques par des cabestans hydrauliques ou à vapeur, dont la manœuvre est très rapide. L'économie de temps et de chevaux qui en résulte est très importante au point de vue du rapide dégagement des halles et, par suite, de l'utilisation des quais des voies et du matériel.

On a mis à l'essai des *chasse-wagons*, ou leviers portant à leur extrémité un bouton qui s'appuie contre le boudin de la roue d'un véhicule, et un crochet mobile qui permet de prendre un point d'appui sur l'essieu. Avec cet engin, un wagon portant une charge moyenne de 5 tonnes peut être facilement manœuvré par un seul homme ; en

général, on peut dire que la puissance du levier du *chasse-wagons* représente à peu près la force de trois hommes; il peut donc être d'un grand secours dans les stations où le personnel est peu nombreux.

Chargement et déchargement des wagons. — Les opérations de chargement et de déchargement des marchandises dans les wagons constituent un problème fort intéressant de l'exploitation technique des chemins de fer, eu égard au prix élevé de la main-d'œuvre; aussi l'emploi des engins mécaniques, hydrauliques ou à vapeur prend-il de jour en jour plus d'extension.

Quand les expéditeurs amènent leurs marchandises à la gare, elles sont d'abord visitées et reconnues, afin de dégager la responsabilité de la Compagnie; puis a lieu le pesage et on les dépose sur le quai, en attendant leur chargement dans les wagons. Certaines marchandises, expédiées par wagons complets, sont chargées par les expéditeurs directement, de voiture à wagon, dans les cours.

Le poids des marchandises chargées ne doit pas dépasser la charge maxima inscrite sur les wagons. Le chargement doit pouvoir passer sous les gabarits et les pièces manquant de stabilité sont assujetties de manière que le mouvement ne les dérange pas en cours de route: les fûts de vin sont calés et amarrés solidement, la bonde tournée vers la partie supérieure; jamais on ne les charge debout sur les fonds. Lorsque des marchandises craignant l'humidité sont chargées sur des wagons-plates-formes, on les recouvre de paille et d'une bâche disposée de manière à faciliter l'écoulement des eaux de pluie; les marchandises lourdes, d'un faible volume, sont réparties sur le plancher du wagon, de manière que les essieux supportent à peu près une charge égale; les pièces de grande longueur ou d'un grand volume, chargées sur des plates-formes, ne doivent pas en dépasser le périmètre. Quant aux pièces de bois de grande longueur, on les fixe, à leurs deux extrémités, sur deux wagons spéciaux, munis en leur milieu d'une forte traverse pivotant sur une cheville ouvrière, et entre lesquels, si la longueur des bois l'exige, on place un wagon plat de raccordement: on obtient ainsi un système articulé qui peut circuler dans les courbes; le chargement des pierres se fait également sur des plates-formes spéciales, dont le plancher est garni de fortes traverses en bois, sur lesquelles la pierre doit porter à plat, et sans l'intermédiaire d'aucune cale, en évitant le porte-à-faux. Le chargement des chevaux se fait dans des wagons-écuries, soit dans le sens de la longueur, soit dans le sens transversal, suivant la nature du véhicule. Le chargement des poudres et matières explosibles ou inflammables est réglé par des arrêtés spéciaux.

Le déchargement des marchandises à l'arrivée se fait soit sur des quais couverts, soit sur des quais à découvert, par exemple dans le

cas de marchandises inflammables, telles que le pétrole, soit enfin dans les cours, à terre ou de wagon en camion.

Embranchements particuliers. — Les embranchements appartenant à des particuliers et raccordés soit en pleine voie, soit dans les gares, sont soumis à un régime spécial et défini par l'article 62 du cahier des charges. Une des clauses les plus formelles de cet article, c'est qu'il ne doit résulter de l'établissement des embranchements aucune entrave à la circulation générale, aucune avarie de matériel, ni aucuns frais particuliers pour la Compagnie. Une barrière et un taquet d'arrêt isolent la voie de raccordement, au point où elle franchit la clôture de l'enceinte appartenant à la Compagnie. L'ouverture d'un embranchement ne peut avoir lieu sans qu'il ait été procédé au récolement des travaux par les ingénieurs du contrôle, sur l'avis desquels une décision ministérielle accorde, s'il y a lieu, l'autorisation d'exploiter l'embranchement.

La Compagnie amène ses wagons à l'entrée des embranchements et les propriétaires les font conduire à leurs établissements, les chargent ou les déchargent, et les ramènent à leurs frais au point de livraison. Le temps pendant lequel les wagons peuvent séjourner sur les embranchements particuliers dont la longueur n'excède pas 1 kilomètre, est de six heures, non compris les heures de nuit ; le délai est porté à vingt-quatre heures, nuit comprise, pour les embranchements dont la longueur excède 1 kilomètre, ou lorsque le wagon, envoyé chargé sur l'embranchement, rentre chargé. Le délai de l'absence court depuis la mise à disposition des wagons à l'entrée de l'embranchement jusqu'à l'heure de leur retour ; en cas de retard dans la rentrée du matériel, une indemnité est due à la Compagnie. Toutefois, les industriels ont le choix entre ce système et un autre, en vertu duquel le temps accordé pour le stationnement est augmenté d'une demi-heure par kilomètre, en sus du premier, non compris les heures de nuit ; dans ce cas, l'indemnité de retard est égale à la valeur du droit de loyer des wagons, pour chaque période de retard après l'avertissement que doit donner la Compagnie.

Tout wagon envoyé sur un embranchement est taxé comme wagon complet. Les wagons sont pesés à la station d'arrivée par les soins et aux frais de la Compagnie.

Pour les taxes appliquées et la valeur de l'indemnité de retard, dans le cas où l'embranchement est en pleine voie, voir le chapitre des *Tarifs*.

§ 3. — Dépenses des gares et stations.

Rapport des dépenses aux recettes. — Dans l'ensemble des dépenses de l'exploitation, les gares et stations absorbent à elles seules les 3/5 ou les 3/4 ; sur un grand réseau, les dépenses d'une station s'élèvent à 13 0/0 environ de ses recettes. Cette proportion moyenne n'est évidemment pas la même pour toutes les stations, elle varie avec la nature du trafic auquel chacune d'elles donne lieu.

Prix de revient par voyageur. — On peut, pour les voyageurs, diviser le chiffre des dépenses par le nombre total des voyageurs partis ou arrivés, et avoir ainsi une idée assez nette des frais auxquels donne lieu un voyageur, indépendamment des frais de transport. Il faut comprendre, dans l'évaluation des dépenses, le personnel des chefs, sous-chefs, surveillants, contrôleurs, des agents chargés d'enregistrer, peser et manipuler les bagages et de former les trains ; les machines de gare ; le chauffage et l'éclairage, etc. On obtient, en moyenne, pour toutes les grandes gares de Paris, 10 à 15 centimes par voyageur, en n'y comprenant pas les voyageurs de la banlieue, dont le nombre est souvent considérable, et qui n'ont que peu de bagages.

Lorsque le parcours des voyageurs est très long, les frais fixés au départ sont amplement compensés par le bénéfice résultant de l'application des taxes ; mais ces frais acquièrent une certaine importance relative lorsque le nombre des kilomètres parcourus s'abaisse, la taxe s'abaissant proportionnellement, tandis que les frais d'embarquement et de débarquement restent constants. Le minimum de 6 kilomètres à taxer, fixé par les cahiers des charges, pour le parcours d'un voyageur, n'est qu'une compensation insuffisante, eu égard aux dépenses que font réellement les Compagnies.

Prix de revient de la manutention. — Il est assez difficile de se rendre compte du prix de revient de la manutention dans une grande gare de marchandises. On peut, il est vrai, diviser par le tonnage des marchandises manutentionnées pendant l'année le chiffre des dépenses totales comprenant le personnel des bureaux, les quais, les cours, les chevaux de manœuvre, machines de gare et autres accessoires, et on trouve une moyenne très variable, s'élevant jusqu'à 1 fr. 10 par tonne ; mais, dans ce procédé, on ne tient compte ni des marchandises manutentionnées par le public, ni des wagons manœuvrés pour le service de la gare, ni, enfin, des marchandises transbordées.

Quand on veut se rendre compte de la manutention proprement dite, non compris les bureaux, la surveillance générale, etc.. il faut diviser les dépenses afférentes au service des manœuvres et de la manutention par le tonnage total, après avoir eu soin de doubler le nombre de

tonnes transbordées. On trouve une moyenne qui est souvent de 50 centimes, et qui, dans certaines grandes gares, atteint 80 centimes par tonne. En spécialisant encore davantage le prix de revient des opérations mécaniques, pour ainsi dire, on estime qu'une bonne équipe de quatre hommes, coûtant 16 fr. 25, peut, en dix heures de travail, transborder 40 à 50 tonnes de marchandises expédiées par *wagon complet*, ce qui fait ressortir la tonne à 30 ou 40 centimes; mais le transbordement à bras d'hommes est relativement long, il prive la gare de ressources qui seraient mieux employées pour la manutention des colis de détail, enfin on est à la merci d'un personnel dont les exigences augmentent chaque jour. Aussi peut-on dire que l'emploi des engins mécaniques et principalement des grues à vapeur est destiné à prendre une grande extension.

En une journée, une grue roulante à vapeur, de la force de 1.500 kilogrammes, nécessitant l'emploi de trois hommes, peut facilement transborder 130 tonnes, tandis qu'il faudrait plus de huit hommes pour faire à bras le même travail dans ce laps de temps; la dépense, par journée de dix heures, est, intérêt et amortissement compris, de 18 fr. 55 et le prix de revient ressort, par suite, à moins de 0 fr. 20. Pour le déchargement des marchandises, une grue de 10 tonnes peut manutentionner 200 tonnes par jour avec une dépense de 28 fr. 60 : le prix de revient, intérêt et amortissement compris, ne dépasse pas 0 fr. 15 par tonne.

En résumé, l'emploi des grues à vapeur présente les avantages suivants :

1° Économie du prix de revient de la manutention ;
2° Rapidité des opérations;
3° Diminution du nombre des hommes nécessaires à ces opérations;
4° Stationnement moins long du matériel roulant;
5° Meilleure utilisation des quais et des cours.

En outre des chargements, déchargements et transbordements, les gares ont à accomplir diverses opérations, telles que le triage des wagons, les manœuvres, etc. On obtient approximativement le prix de revient du triage en faisant le total des dépenses résultant de la solde des sous-chefs et surveillants, des aiguilleurs, chefs de manœuvres et hommes d'équipe spécialement affectés au service du triage ; de l'emploi des chevaux de manœuvres ; de l'usage des machines, à raison de 6 francs par heure, payés sur bons de manœuvres. On divise ce total par le nombre de wagons triés; le prix de revient moyen varie suivant la disposition et l'utilisation plus ou moins complète des voies et oscille entre 0 fr. 20 et 0 fr. 45 par wagon. D'après les expériences faites en Angleterre et en Allemagne, le triage sur des voies en pente paraît revenir à des prix inférieurs aux prix obtenus avec les dispositions ordinaires. A la gare de la Chapelle, où l'on applique le système mixte (voies de triage en impasse et voie de manœuvres en pente de 0,009),

le prix de revient semble devoir s'abaisser à 0 fr. 07 par wagon trié.

On peut conclure de ce qui précède que la manutention générale des marchandises et des wagons occasionne aux Compagnies, en dehors des frais de transports, des dépenses importantes. — Or, les Compagnies sont autorisées à percevoir, à titre d'indemnité, des *frais accessoires* qui sont de deux natures : un droit de *manutention* par chargement ou déchargement et les *frais de gare* destinés à couvrir la dépense de manœuvre des wagons.

Ces droits sont les suivants, d'après l'arrêté ministériel du 27 octobre 1900 :

Marchandises de détail.

1° Frais de chargement au départ (quand la Compagnie effectue le chargement)	0f,40	0f,75	1f,50
2° Frais de gare au départ	0 ,35		
3° Frais de déchargement à l'arrivée	0 ,40	0f,75	
4° Frais de gare à l'arrivée	0 ,35		

Marchandises par wagons complets.

1° Frais de chargement au départ (quand la Compagnie effectue le chargement)	0f,30	0f,50	1f,00
2° Frais de gare au départ	0 ,20		
3° Frais de déchargement à l'arrivée	0 ,30	0f,50	
4° Frais de gare à l'arrivée	0 ,20		

On déduit 0 fr. 30 par tonne pour chaque opération de chargement ou de déchargement faite par les soins de l'expéditeur ou des destinataires.

Aux gares de jonction, il est, en outre, perçu des frais, dits *de transmission*, de 0 fr. 40 par tonne, partagés par moitié entre les deux Compagnies pour les marchandises transitant d'une ligne sur l'autre.

Lorsque la transmission se fait entre deux lignes entre lesquelles l'échange du matériel est impossible, il est perçu, au lieu du droit de 0 fr. 40 indiqué ci-dessus, un droit de 0 fr. 70 par tonne, réparti ainsi : 0 fr. 40 à partager entre les deux Compagnies, et 0 fr. 30 pour la Compagnie qui fait les opérations du transbordement.

CHAPITRE XX

MOUVEMENT

§ 1. — Circulation des trains.

Graphiques de la marche des trains. — La mise en marche d'un nombre considérable de trains de voyageurs ou de marchandises, animés de vitesses très inégales et circulant soit dans le même sens, soit en sens inverse, exige que l'on ait prévu les points de la ligne où ils peuvent se rejoindre.

L'étude de ce problème se fait à l'aide de procédés graphiques. On forme un tableau dans lequel on prend pour abscisses les heures et minutes, à raison de $0^m,001$ et $0^m,002$ pour cinq minutes, pour ordonnées les kilomètres, à raison de $0^m,0015$ à $0^m,002$ par kilomètre ; l'inclinaison de l'oblique, joignant aux heures réelles le point de départ au point d'arrivée kilométrique, représente la vitesse du train dont il s'agit, en supposant qu'elle se maintienne uniforme. Les trains dont les obliques se rapprochent le plus de la verticale sont, par suite, ceux qui sont animés de la plus grande vitesse. Quand une oblique est près de couper une oblique plus inclinée dans le même sens, l'intersection ne doit évidemment se faire qu'en un point dont l'horizontale correspond à une station, c'est-à-dire que le train marchant moins vite doit se garer pour laisser passer le train plus rapide. Le même tableau sert à tracer les obliques dans les deux sens, et représente, par suite, la marche des trains circulant dans les deux sens. Sur les lignes à double voie, cette pratique n'a d'autre intérêt que de réunir sur un même tableau tout ce qui concerne la circulation des trains sur une même section de ligne ; mais, sur les lignes à voie unique, elle est absolument nécessaire, car il faut évidemment que deux obliques inclinées en sens inverse se coupent sur l'horizontale d'une station, c'est-à-dire que deux trains circulant en sens inverse ne puissent se croiser qu'en un point où il existe une voie d'évitement.

Aux tableaux graphiques sont joints des profils de la voie, la distance des stations entre elles, l'indication des prises d'eau, les liaisons en pleine voie, des postes sémaphoriques du *Block system*, et souvent la longueur des voies de garage, de chaque côté des voies principales, dans toutes les gares ; en un mot, les tableaux graphiques doivent

ajouter, aux trains de détail, de wagons à charge complète qu'autant qu'ils sont à destination de stations terminus ou de stations dans lesquelles le train a un stationnement suffisant pour que l'on puisse faire la manœuvre de ces wagons.

En règle générale, il est admis que les trains de détail sont formés d'autant de wagons ou de groupes de wagons qu'il y a de directions aboutissant à la gare d'arrivée, de telle façon que le train récolte dans chaque gare de passage et dans un même wagon les colis pour une même direction, et, s'ils sont assez abondants, pour une même destination ; il y a une règle à observer à ce sujet : c'est qu'il convient de ne pas placer les colis assez lourds et volumineux dans un wagon qui en renferme de plus légers pour une station située au delà, parce qu'il vaut mieux laisser le wagon renfermant ce colis que de perdre du temps à le décharger au passage du train.

Une gare de passage ne doit former de wagons de détail que quand elle peut les former complets ; le minimum de la charge complète d'un wagon est de 1.500 kilogrammes, excepté dans le cas du transport de marchandises encombrantes. Cette manière de procéder a pour but de diminuer le nombre des transbordements pour les colis de détail.

Sur certains réseaux français et en Belgique, on accorde aux trains des arrêts facultatifs dans des stations de peu d'importance, qui n'ont pas toujours de marchandises à donner aux trains, au moment de leur passage.

De distance en distance, sont placées sur la ligne des gares chargées de décomposer les trains arrivant et de les reformer, en plaçant les wagons par direction et destination. Le nombre de ces gares augmente avec le nombre des embranchements.

3° Les *trains mixtes* sont des trains de voyageurs dans la composition desquels entrent des wagons de marchandises. Ce genre de trains rend les plus grands services sur les lignes à faible trafic et à fortes rampes.

Une grande amélioration a été réalisée par l'autorisation qu'ont reçue les Compagnies d'ajouter quelques voitures à voyageurs aux trains de marchandises. Ces trains de marchandises reçoivent le nom de trains de *marchandises-voyageurs*. Des trains de marchandises sont également désignés pour transporter les courriers de la poste dans une voiture ou un compartiment de 2e classe ; tous ces trains conservent, au double point de vue de la composition et de la charge, leur caractère de trains de marchandises.

4° Les *trains légers*, institués en vue d'une exploitation économique, sur les lignes à faible trafic, sont régis par un décret du 9 mars 1899 ; ils ne doivent comprendre que seize essieux au plus ; ils peuvent être remorqués soit par une locomotive, soit par un moteur porté par l'un des véhicules. Dans ce dernier cas, les essieux de la voiture motrice

comptent dans les seize essieux. Ces trains n'ont pas de fourgon (dérogation à l'article 20 de l'ordonnance de 1846) ; le chauffeur peut être supprimé dans certaines conditions déterminées.

Les *trains-tramways* sont ceux qui s'arrêtent aux points intermédiaires entre les stations, là où il n'y a aucune installation spéciale, tels que les passages à niveau.

Composition et charge des trains. — Les machines doivent être placées en tête des trains, sauf dans les cas de manœuvres, de secours, ou pour les trains de ballast. Entre la machine ou son tender et la première voiture contenant les voyageurs, il doit y avoir autant de wagons, fourgons ou voitures ne contenant pas de voyageurs qu'il y a de machines en feu attelées au train.

Les trains de voyageurs ne peuvent être composés de plus de vingt-quatre voitures, sauf dans les cas de transport de troupes, où les trains peuvent contenir jusqu'à cinquante voitures. Au-dessous de seize voitures, les règlements prescrivent l'emploi de deux freins gardés l'un vers la tête et l'autre sur la dernière voiture contenant des voyageurs, ou à l'arrière dans l'un des cinq derniers véhicules ; au-dessus de seize voitures, on doit faire entrer trois freins gardés dans la composition du train. En général, on n'atteint le maximum de vingt-quatre voitures que dans les trains de banlieue : il y a alors cinq voitures de 1re classe au milieu du train, sept de 2e, dix de 3e classe et deux fourgons, l'un en tête et l'autre en queue ; mais cet ordre de classement est impossible à observer pour les trains de grande ligne, dont le matériel est constamment remanié soit par l'addition de voitures et de fourgons en cours de route, soit par la nécessité de scinder le train aux gares d'embranchement.

En règle générale, les trains mixtes ne doivent pas être composés de plus de vingt-quatre véhicules, mais on en admet trente, si la vitesse ne dépasse pas 40 kilomètres ; les voitures à voyageurs sont placées en queue du train, afin qu'elles restent immobiles pendant les manœuvres que les trains ont à faire dans les gares ; toutefois, si la machine est munie des organes du frein continu, on place les voitures à voyageurs en tête, quand il n'y a pas d'inconvénient par ailleurs, ce qui permet de faire fonctionner le frein continu sur cette première partie du train. Sont exclus en principe des trains mixtes les wagons contenant des matières infectes, des rails ou des chargements dépassant la longueur de deux wagons ; les wagons chargés de bestiaux doivent être placés à l'arrière et il doit en être de même des wagons chargés des matières ci-dessus dénommées (excepté les rails), lorsque, par suite de l'absence de trains réguliers de marchandises sur une ligne, on est obligé de les ajouter aux trains mixtes qui la desservent. Des trains mixtes circulant sur des embranchements à faible trafic ne renferment d'ordinaire que peu de voitures, une voiture de 1re classe, une seconde

et deux troisièmes, quelquefois seulement une voiture mixte à 1re et 2e classes et une 3e classe.

Dans les trains de marchandises renfermant des voyageurs, les wagons chargés de bestiaux, de rails, etc., sont séparés des voitures par un ou deux wagons ; les wagons chargés de poudre et de matières explosibles en sont exclus.

Le nombre de wagons dont peut se composer un train de marchandises est limité par la puissance que conservent les divers types de machines, sur les diverses sections du réseau. En général, ce nombre est limité à soixante ; au-dessous de vingt-cinq véhicules, deux freins-gardes suffisent, l'un en tête du train, l'autre dans le dernier cinquième ; au-dessus de vingt-cinq wagons, on doit faire entrer trois freins dans la composition du train. Ces nombres varient d'ailleurs, d'après les règlements des Compagnies de chemins de fer, suivant les déclivités et les vitesses.

Ainsi que nous avons eu l'occasion de le dire plus haut, les wagons sont classés dans les trains de marchandises par ordre de station, de telle manière que les premiers wagons à laisser en route soient toujours placés immédiatement derrière le fourgon ; cette méthode a pour but de manœuvrer dans les gares le moins grand nombre possible de wagons.

La composition des trains omnibus, au départ des grandes gares de formation, doit être calculée de telle manière que les gares situées sur la route puissent y ajouter les wagons pour lesquels elles ont demandé de la place, par dépêche. Il en résulte que la gare de formation, prévenue à temps, voit toujours si les marchandises qu'elle doit expédier pourront partir par les trains de la journée, ou si elle doit demander la mise en marche de trains facultatifs.

De là dépend la bonne utilisation de la charge des trains ; cette question est assez importante pour que plusieurs Compagnies aient installé un service central, vérificateur de la charge des trains. Connaissant exactement le poids ajouté ou laissé dans chaque gare par un train de marchandises, il est aisé de construire un graphique comparatif de la charge réellement remorquée, pendant toute la durée du trajet, et de la puissance de la machine, calculée d'après le profil de la ligne.

Certaines Compagnies ont adopté une unité de tonnage qui permet d'évaluer rapidement la charge des trains ; à la Compagnie du Nord, par exemple, on admet que :

Un wagon vide, ou contenant moins de 1.000 kilogrammes, compte comme 2 unités,

Un wagon chargé de	1.000 à 6.500kg	compte comme	3 unités
—	6.500 à 10.000kg	—	4 —
—	15t	—	6 —

On inscrit sur les machines le nombre d'unités qu'elles peuvent re-

marquer sur les lignes qui ont des rampes ou pentes nettes inférieures à 0m,005, et un tableau de service indique quelle est la réduction de charge, sur les diverses sections du réseau.

Toutefois, la question de l'utilisation complète des trains mis en marche, au point de vue de la charge, perd une partie de son importance dans le cas où il y a pénurie de matériel, et surtout lorsqu'il s'établit des courants de trafic assez réguliers pour motiver la mise en marche de trains directs et légers, marchant à grande vitesse, en vue d'accélérer la libération du matériel et de diminuer jusqu'à la dernière limite le délai d'évolution d'un wagon du point de chargement au point de livraison.

Nombre et espacement des trains. — Le nombre des trains à mettre en marche est évidemment dicté par les nécessités du trafic et du transport des voyageurs ; toutefois, il est un minimum au-dessous duquel on ne peut guère descendre que dans des cas exceptionnels : sur les embranchements à faible trafic, trois trains par jour, dans chaque sens, constituent un minimum suffisant. Aux abords des grandes villes, la circulation est tellement chargée, surtout à certaines heures de la journée, que plusieurs Compagnies (le Nord et l'Ouest entre autres) ne pourraient y faire face, si le service des diverses directions ne se faisait pas sur des voies distinctes.

Sur les lignes qui n'ont que deux voies, la circulation peut être de 75 trains dans chaque sens, en y comprenant les trains facultatifs des dimanches et fêtes et les trains de marchandises, sans que le service en souffre. Dans ce chiffre ne figure pas la circulation des machines isolées et des manœuvres. Le nombre des trains à lancer dans la même direction sur une voie est, d'ailleurs, limité par la nécessité de ménager entre eux un espacement minimum ; à cet effet, on peut prendre pour base le temps ou la distance.

En règle générale, aucun train ou aucune machine ne peut partir d'un point d'arrêt sans qu'il se soit écoulé dix minutes depuis le départ ou le passage d'un train précédent marchant dans le même sens ; cet intervalle est réduit à cinq minutes pour un train qui en suit un autre à marche plus rapide, et à deux minutes lorsque les deux trains qui se succèdent ne doivent suivre la même direction que sur une longueur de 3 kilomètres au plus. Ce ne sont pas, du reste, les services réguliers, tels que ceux de la banlieue, qui peuvent compromettre la sécurité, mais la succession de trains à marche très inégale ; aussi les gardes des bifurcations ont-ils pour mission de maintenir l'intervalle réglementaire entre les trains qui suivent une même direction.

Il est de règle que tout train qui doit se garer pour en laisser passer un autre ne doit quitter un point d'arrêt que s'il peut atteindre le point de garage suivant au moins dix minutes avant le train qui doit le dépasser.

Le temps, pris comme base de l'espacement à maintenir entre les trains, n'offre pas une sécurité absolue, par exemple lorsque des trains express à marche rapide suivent des trains de marchandises lourdement chargés : aussi a-t-on eu l'idée, en Angleterre, de substituer l'intervalle de la distance réelle à celui du temps : c'est ce que l'on appelle le *Block system*. A cet effet, la ligne est divisée en petites sections ; leurs extrémités sont occupées par des postes dont les stationnaires, mis entre eux en correspondance, ne doivent jamais laisser pénétrer plus d'un train à la fois dans une même section.

Cette mesure rigoureusement pratiquée donne la sécurité la plus absolue ; mais elle ne peut être appliquée avec cette rigueur qu'autant que les postes sont très rapprochés, 1/2 kilomètre à 1 kilomètre au plus, ainsi qu'il arrive sur le Métropolitain, à Londres, et sur le chemin de Ceinture, à Paris. Si, au contraire, les sections atteignent une certaine longueur, il est indispensable que certaines règles viennent mitiger l'inconvénient qui résulterait du stationnement trop prolongé d'un train à l'entrée d'une section : on admet, par exemple, que, si la section n'est pas libre, le train attendra pendant un certain délai de cinq, dix ou vingt minutes (suivant les règlements adoptés par chaque Compagnie), et que, passé ce délai, après l'accomplissement de certaines formalités, il continuera sa route en marchant avec la plus grande prudence, jusqu'à ce qu'il ait atteint l'extrémité de la section.

C'est ce qu'on appelle le block system *permissive*, que les Anglais n'adoptent que dans des circonstances tout à fait exceptionnelles, car, en Angleterre, le block *absolu* est la règle générale.

L'exploitation peut se faire suivant deux systèmes : les signaux peuvent être normalement à l'arrêt ou à voie libre. Le premier système est celui adopté pour tous les réseaux anglais, même sur les lignes à fréquentation restreinte. Le second est celui le plus répandu sur le continent. Néanmoins, on peut dire que la tendance est de faire de plus en plus usage de la position normale fermée.

Ponts tournants, bifurcations, traversées à niveau sont déjà dans ce cas, ainsi que les stations importantes.

Pour les haltes et les stations intermédiaires, la position ouverte semble jouir de plus de faveur, par suite des facilités qu'elle donne au personnel chargé de la manœuvre des signaux.

Le choix à faire dépendra donc, dans chaque cas, de l'importance relative du trafic de la gare et de celui de la ligne sur laquelle elle est située.

Les signaux de bloc sur les lignes à simple voie sont toujours à l'arrêt normalement.

Sur les lignes à double voie, la position ouverte est, au contraire, la règle, sauf sur les réseaux compliqués à exploitation tendue et difficile.

Vitesse des trains. — Au point de vue de la vitesse, les trains de voyageurs se subdivisent ainsi qu'il suit : les trains express ou trains rapides et les trains-poste, marchant en général avec une vitesse réelle de 55 à 80 kilomètres à l'heure ; les trains directs, marchant à 50 ou 55 kilomètres ; les trains omnibus, marchant à 40 ou 50 kilomètres, et les trains mixtes, marchant à 35 ou 45 kilomètres.

Cette vitesse réelle, qui est celle du train en marche, ne doit pas être confondue avec la *vitesse commerciale*, qui est la vitesse moyenne calculée d'après le temps que met réellement, arrêts compris, le train à parcourir la distance comprise entre le point de départ et le point d'arrivée.

La réduction causée par les arrêts et les ralentissements est variable suivant le nombre d'arrêts et peut atteindre 10 à 12 0/0 pour les express, et de 15 à 20 0/0 pour les trains omnibus.

Trains express. — Si, d'après le livret Chaix, on divise la longueur du parcours entre les stations de départ et d'arrivée, par la durée de ce parcours d'après les heures de départ et d'arrivée, on trouve les vitesses commerciales qui suivent pour les trains les plus rapides :

Nord.	Paris à Calais (297 km)	89km,1
	Paris à Jeumont (238 km)	92 ,1
Orléans.	— Paris à Bordeaux (582 km)	86 ,7
P.-L.-M.	— Paris à Marseille (862 km)	83 ,3
Est.	— Paris à Nancy (353 km)	82 ,7
Midi.	— Bordeaux à Bayonne (198 km)	76 ,2
Ouest.	— Paris au Havre (228 km)	82 ,9
État.	— Paris à Royan (563 km)	75 ,2

Il s'agit là de vitesses commerciales ; quant aux vitesses réelles de marche, elles sont parfois bien supérieures sur certaines parties du parcours, mais elles ne dépassent jamais le maximum absolu de 120 km.

Les plus grandes distances franchies sans arrêt sont de :

176 kilomètres sur le Nord (Paris-Abbeville) ;

160 kilomètres sur le P.-L.-M. (Laroche-Dijon) ;

173 kilomètres sur l'Est (Paris-Chalons).

238 kilomètres sur le réseau de l'État (Chartres-Thouars).

En Angleterre, les vitesses réelles de marche des trains express oscillent entre 80 et 90 kilomètres. On cite toutefois des express qui ont parcouru 129 kilomètres à l'heure, pendant plus de 20 kilomètres consécutifs.

En Allemagne, la vitesse de marche, et, surtout, la vitesse effective, est généralement plus faible qu'en France. Cependant, on peut citer des trains express qui circulent entre Berlin et Hambourg, entre Hambourg et Cologne et entre Berlin et Cologne, et

dont la vitesse réelle de marche varie entre 75 et 80 kilomètres à l'heure.

En Belgique et en Hollande, la vitesse de marche des trains express est également assez élevée et se rapproche des chiffres que nous venons de citer.

En Amérique, il n'est pas rare de voir des express marchant à 120 et à 122 kilomètres[1] sur certaines parties de leurs parcours.

Directs et omnibus. — La vitesse de marche des trains directs varie, en France, de 40 à 60 kilomètres, et la vitesse effective de 30 à 40, en raison des arrêts multipliés. Celle des trains omnibus n'est guère que de 40 à 50 kilomètres; celle des trains de messagerie, en général, 45 kilomètres.

Trains de marchandises. — La vitesse de marche des trains de marchandises varie entre 20 et 30 kilomètres; ce maximum n'est atteint ou dépassé que par des trains spéciaux à charge incomplète, tels que les trains de détail, ou par certains trains directs; mais la durée du trajet est considérablement augmentée par la nécessité de garer fréquemment le train et par les arrêts pour les manœuvres: la vitesse effective s'abaisse alors à des valeurs dont il est difficile d'évaluer la moyenne.

Indicateurs de vitesse. — Dans le but de contrôler la vitesse des trains, on a imaginé divers appareils destinés à l'enregistrer pendant la marche : ces appareils (tachymètres, tachygraphes, etc.), reçoivent leur mouvement des essieux de la machine, du tender ou du fourgon, et fournissent le diagramme soit sur un disque, soit sur une bande continue qui tourne ou avance par un mouvement d'horlogerie et sur laquelle un crayon trace les vitesses.

On trouve en usage, aux chemins de fer du Midi et de l'Orléans, l'indicateur Hausshalter; au chemin de fer de l'État, l'indicateur Desdouits; au chemin de fer P.-L.-M., le chronotachymètre P.-L.-M.[2]. On trouve en outre, sur divers chemins de fer, les indicateurs Klose, Peyer-Favarger, Flaman[3]. Ce dernier vient d'être adopté d'une manière générale par les chemins de fer français en vue de répondre aux prescriptions ministérielles ordonnant l'emploi d'appareils indicateurs de vitesse.

D'autres appareils, tels que le *contrôleur Brunot*, sont mis en mouve-

1 Voir la *Revue générale des Chemins de fer*, avril 1898, p. 275 et suivantes.

2 Voir le *Portefeuille économique des machines*, octobre 1888.

3 Constructeur: Louis Lamazière, à Paris.

ment par les trépidations du train. Enfin, le *dromoscope* Le Boulengé, employé en Belgique et à la Compagnie de l'Ouest; l'indicateur de vitesse Stroudley, employé au P.-L.-M., indiquent aux mécaniciens, à l'approche des points dangereux, la vitesse réelle dont est animé le train qu'ils conduisent, afin qu'ils puissent à temps ralentir cette vitesse et la ramener aux limites prescrites par les règlements.

Circulation sur une seule voie. — 1° *Circulation normale.* — Grâce aux garanties dont est maintenant entourée la circulation sur une seule voie, on peut dire qu'elle offre au moins autant de sécurité que la circulation sur la double voie. Le nombre des lignes à voie unique augmente, d'ailleurs, chaque jour par rapport au réseau total, les nouvelles lignes devant être d'un trop faible revenu pour qu'il soit avantageux de les construire à deux voies. Néanmoins, il est bon, au point de vue de l'exploitation, que la longueur d'une section à voie unique ne dépasse pas 150 à 200 kilomètres, parce que les moindres dérangements retardent et compliquent le service et se font sentir d'une extrémité à l'autre. Il faut prendre des précautions spéciales pour faire passer des trains n'arrêtant pas à toutes les stations; du reste, comme les lignes à voie unique sont moins importantes, il est rare que les trains qui les desservent ne soient pas omnibus.

Lorsque la longueur de la ligne n'excède pas 30 kilomètres, il est facile de faire le service en navette, au moyen d'une seule machine; mais, dès que la longueur est plus grande, et que le trafic exige la circulation simultanée de trains de marchandises, il faut recourir à des dispositions spéciales. L'application des communications télégraphiques a, d'ailleurs, permis de faciliter beaucoup l'exploitation et d'accélérer la marche des trains.

Les points de croisement et de garage des trains sont prévus par des tableaux de service pour les trains réguliers ou facultatifs, et par des avis spéciaux pour les trains extraordinaires.

La mise en marche d'un train facultatif prévu ou d'un train extraordinaire, dont l'horaire a été tracé par avis spécial, est annoncée à toutes les stations de la voie unique qu'il parcourt et au personnel des trains qu'il doit croiser, par un ordre écrit qui émane d'un agent supérieur responsable, appelé *agent spécial de la voie unique*, et la réception de cet ordre doit lui être immédiatement accusée, soit par écrit, soit par dépêche télégraphique. L'ordre du départ ne peut être donné qu'après que toutes les réponses sont parvenues à l'agent spécial.

En cas de retard d'un train, si celui qui doit croiser est arrivé, le chef de gare est autorisé à faire continuer ce dernier, en reportant le croisement à la gare suivante, après s'être assuré que le train en retard n'est pas arrivé à cette gare et qu'il y sera arrêté et gardé jusqu'à l'arrivée de l'autre. Les dépêches télégraphiques à expédier

en pareil cas sont formulées à peu près identiquement dans les règlements de toutes les Compagnies.

Sur la voie unique, les machines ne doivent se porter au secours que sur une demande formelle faite par écrit ou par dépêche télégraphique ; la machine s'arrête à toutes les gares situées entre le dépôt et le train en détresse, et ne continue qu'après qu'elle a la certitude parfaite que la voie est libre, soit en attendant dans les gares le croisement régulier des trains, soit en demandant dans chaque gare, par dépêche, si le télégraphe fonctionne, le numéro du dernier train expédié par la gare suivante, et s'assurant que ce train est déjà passé.

La sécurité de la circulation des trains sur les lignes à voie unique est assurée de différentes manières.

Sur quelques lignes, mais dans des cas exceptionnels et en cas de circulation très active, on applique les appareils de block ordinaire, modifiés pour les rendre applicables aux besoins de la voie unique.

Généralement, on emploie des *cloches d'annonce*, installées de gare en gare et à quelques passages à niveau intermédiaires. Ces cloches ont pour but d'annoncer le départ des trains dans chacun des deux sens de la circulation, par des séries de sonneries bien distinctes pour chaque sens ; si, alors, par impossible, l'annonce de deux trains de sens contraire est faite dans l'intervalle compris entre deux stations munies des voies nécessaires pour faire le croisement, les agents sédentaires de ces stations ou des points intermédiaires peuvent prendre immédiatement les mesures nécessaires.

Sur certaines lignes à trafic très restreint, on emploie le bâton-pilote (*train staff*), en vertu duquel un train ne peut circuler que s'il est accompagné du bâton. Ce système est employé, en France, par la Compagnie de l'Ouest sur ses lignes secondaires.

Ce système, difficilement applicable aux lignes à voie unique à trafic un peu intense, est cependant très employé en Angleterre sur ces lignes. Aussi, dans le but d'atténuer les inconvénients résultant de son emploi, les ingénieurs anglais ont-ils étudié différents systèmes spéciaux. Nous citerons, entre autres, le *Tablet system* de Tyer, qui est d'un usage très répandu, le *Train-ticket system* de M. Neale, enfin le système de *Webb et Thompson*.

Sur des lignes très courtes, on peut encore se servir, comme nous l'avons vu plus haut, du pilotage, en vertu duquel un train ne peut circuler que s'il est accompagné du pilote.

2° *Circulation temporaire.* — Lorsque, sur une ligne à double voie, l'une des voies vient à être obstruée par un obstacle quelconque, on transporte sur la voie libre la circulation dans les deux sens, et l'on établit un pilotage entre les deux points les plus proches où existe une communication reliant les voies principales. Des gardes sont installés par le pilote à ces deux origines de la voie unique et reçoivent

de lui l'ordre écrit de ne laisser pénétrer aucun train sur la voie unique sans sa présence aux aiguilles et sans son ordre. Le pilote règle, de concert avec les chefs de gare, l'ordre de passage des trains dans les deux sens, de manière à retarder le moins possible les trains de voyageurs et surtout les trains express, et, lorsqu'il doit en expédier plusieurs successivement dans le même sens, il n'accompagne que le dernier d'entre eux, en montant sur la machine. Lorsque le service peut être repris sur la voie interceptée, le pilote seul a le droit de rétablir le service normal et de relever les gardes de leur consigne, soit verbalement et en leur retirant les ordres écrits, soit par dépêche télégraphique.

Certains accidents interceptant à la fois les deux voies principales nécessitent l'établissement d'un double service de pilotage, en vue du transbordement des voyageurs d'un côté à l'autre de l'obstacle.

§ 2. — Personnel des trains.

Agents des trains. — Les trains sont accompagnés par des conducteurs-chefs de train, aidés dans leur tâche par des conducteurs. Ces agents sont généralement, en France, au nombre de deux ou trois par train.

Les attributions des conducteurs sont : la sûreté, la police et la surveillance des trains ; la manœuvre des freins ; la remise et quelquefois le graissage des véhicules pendant leur marche ; la remise et la réception dans les gares des colis de bagages, des marchandises et des wagons complets avec leurs titres à l'appui ; le service des voyageurs et parfois le contrôle des billets ; les mesures à prendre en cas d'arrêt en pleine voie, signaux à assurer, demandes de secours à transmettre.

Le premier devoir des conducteurs est d'obéir rigoureusement aux signaux et de manœuvrer leurs freins sans hésitation sur la demande des mécaniciens.

Ils doivent surveiller les chargements, s'assurer à tout instant qu'il ne s'est pas produit de rupture d'attelage dans la longueur du train, contrôler sa marche, à l'aide du tableau de marche des trains ou des graphiques.

Ils sont responsables des bagages, des finances et des feuilles d'enregistrement des divers colis et marchandises que transporte leur train, ainsi que des plombs fermant les wagons qui leur ont été remis intacts.

Aux points d'arrêt des trains de voyageurs, ils doivent prononcer à haute voix le nom de la gare, répondre avec politesse aux demandes de renseignements, ouvrir et fermer les portières, avertir le chef de gare lorsque leur service est terminé, et donner d'après son ordre le

en pareil cas sont formulées à peu près identiquement dans les règlements de toutes les Compagnies.

Sur la voie unique, les machines ne doivent se porter au secours que sur une demande formelle faite par écrit ou par dépêche télégraphique; la machine s'arrête à toutes les gares situées entre le dépôt et le train en détresse, et ne continue qu'après qu'elle a la certitude parfaite que la voie est libre, soit en attendant dans les gares le croisement régulier des trains, soit en demandant dans chaque gare, par dépêche, si le télégraphe fonctionne, le numéro du dernier train expédié par la gare suivante, et s'assurant que ce train est déjà passé.

La sécurité de la circulation des trains sur les lignes à voie unique est assurée de différentes manières.

Sur quelques lignes, mais dans des cas exceptionnels et en cas de circulation très active, on applique les appareils de block ordinaire, modifiés pour les rendre applicables aux besoins de la voie unique.

Généralement, on emploie des *cloches d'annonce*, installées de gare en gare et à quelques passages à niveau intermédiaires. Ces cloches ont pour but d'annoncer le départ des trains dans chacun des deux sens de la circulation, par des séries de sonneries bien distinctes pour chaque sens; si, alors, par impossible, l'annonce de deux trains de sens contraire est faite dans l'intervalle compris entre deux stations munies des voies nécessaires pour faire le croisement, les agents sédentaires de ces stations ou des points intermédiaires peuvent prendre immédiatement les mesures nécessaires.

Sur certaines lignes à trafic très restreint, on emploie le bâton-pilote (*train staff*), en vertu duquel un train ne peut circuler que s'il est accompagné du bâton. Ce système est employé, en France, par la Compagnie de l'Ouest sur ses lignes secondaires.

Ce système, difficilement applicable aux lignes à voie unique à trafic un peu intense, est cependant très employé en Angleterre sur ces lignes. Aussi, dans le but d'atténuer les inconvénients résultant de son emploi, les ingénieurs anglais ont-ils étudié différents systèmes spéciaux. Nous citerons, entre autres, le *Tablet system* de Tyer, qui est d'un usage très répandu, le *Train-ticket system* de M. Neale, enfin le système de *Webb et Thompson*.

Sur des lignes très courtes, on peut encore se servir, comme nous l'avons vu plus haut, du pilotage, en vertu duquel un train ne peut circuler que s'il est accompagné du pilote.

2° *Circulation temporaire.* — Lorsque, sur une ligne à double voie, l'une des voies vient à être obstruée par un obstacle quelconque, on transporte sur la voie libre la circulation dans les deux sens, et l'on établit un pilotage entre les deux points les plus proches où existe une communication reliant les voies principales. Des gardes sont installés par le pilote à ces deux origines de la voie unique et reçoivent

de lui l'ordre écrit de ne laisser pénétrer aucun train sur la voie unique sans sa présence aux aiguilles et sans son ordre. Le pilote règle, de concert avec les chefs de gare, l'ordre de passage des trains dans les deux sens, de manière à retarder le moins possible les trains de voyageurs et surtout les trains express, et, lorsqu'il doit en expédier plusieurs successivement dans le même sens, il n'accompagne que le dernier d'entre eux, en montant sur la machine. Lorsque le service peut être repris sur la voie interceptée, le pilote seul a le droit de rétablir le service normal et de relever les gardes de leur consigne, soit verbalement et en leur retirant les ordres écrits, soit par dépêche télégraphique.

Certains accidents interceptant à la fois les deux voies principales nécessitent l'établissement d'un double service de pilotage, en vue du transbordement des voyageurs d'un côté à l'autre de l'obstacle.

§ 2. — Personnel des trains.

Agents des trains. — Les trains sont accompagnés par des conducteurs-chefs de train, aidés dans leur tâche par des conducteurs. Ces agents sont généralement, en France, au nombre de deux ou trois par train.

Les attributions des conducteurs sont : la sûreté, la police et la surveillance des trains ; la manœuvre des freins ; la remise et quelquefois le graissage des véhicules pendant leur marche ; la remise et la réception dans les gares des colis de bagages, des marchandises et des wagons complets avec leurs titres à l'appui ; le service des voyageurs et parfois le contrôle des billets ; les mesures à prendre en cas d'arrêt en pleine voie, signaux à assurer, demandes de secours à transmettre.

Le premier devoir des conducteurs est d'obéir rigoureusement aux signaux et de manœuvrer leurs freins sans hésitation sur la demande des mécaniciens.

Ils doivent surveiller les chargements, s'assurer à tout instant qu'il ne s'est pas produit de rupture d'attelage dans la longueur du train, contrôler sa marche, à l'aide du tableau de marche des trains ou des graphiques.

Ils sont responsables des bagages, des finances et des feuilles d'enregistrement des divers colis et marchandises que transporte leur train, ainsi que des plombs fermant les wagons qui leur ont été remis intacts.

Aux points d'arrêt des trains de voyageurs, ils doivent prononcer à haute voix le nom de la gare, répondre avec politesse aux demandes de renseignements, ouvrir et fermer les portières, avertir le chef de gare lorsque leur service est terminé, et donner d'après son ordre le

signal du départ. Le contrôle des billets est fait au départ et, dans certaines gares, pendant le stationnement.

Des contrôleurs-chefs ou ambulants sont chargés de vérifier le contrôle des billets de différents trains dans lesquels ils montent à l'improviste.

Intercommunication. — Trois systèmes principaux sont en présence pour permettre la communication des agents des trains entre eux ou avec les voyageurs : l'emploi de la *corde-signal*, l'emploi de l'*électricité* et l'emploi des systèmes *mécaniques et pneumatiques*.

La *corde-signal*, régnant sur toute la longueur du train et actionnant, sous un effort de traction fait par un voyageur dans un compartiment quelconque, une sonnerie placée dans le fourgon, n'est qu'une solution très imparfaite du problème. Elle est cependant encore employée sur un grand nombre de réseaux anglais et des États-Unis d'Amérique et du Canada. Elle l'est également sur les lignes allemandes concurremment avec le système pneumatique décrit ci-après.

Le système *électrique* à deux fils ou à un seul, le fil de retour du courant étant, dans ce cas, remplacé par les roues et les rails, comporte une sonnerie dans le fourgon de tête et une autre dans le fourgon du garde-frein en queue. Ces sonneries se mettent à tinter lorsqu'un voyageur d'une des voitures fait appel au moyen d'un appareil à contact placé dans chaque compartiment, ou lorsque l'un des gardes-freins croit devoir appeler l'attention du conducteur-chef, ou, enfin, lorsqu'une rupture d'attelage entraîne la rupture du cordon qui établit la communication électrique entre les voitures. Un voyant placé à l'extérieur indique aux agents de quelle voiture le signal d'appel a été fait.

Ce système d'intercommunication électrique est employé, en France, sur les réseaux du Nord et de Paris-Orléans. Il fonctionne en Belgique sur le Nord belge, et en Angleterre sur les réseaux du London-Brighton, du South-Eastern, du London, Chatham and Dover, et du Great-Northern.

L'intercommunication électrique est également en usage en Autriche (système Rayl).

Le système *pneumatique* consiste à se servir de la conduite du frein continu, soit à air comprimé, soit à vide, pour établir la communication entre chaque compartiment, le fourgon et la locomotive. A cet effet, chaque compartiment est muni d'un appareil qui, sous un effort de traction du voyageur, fait d'abord apparaître un petit voyant placé sur le côté de la voiture et ensuite agit, au moyen d'une liaison mécanique, sur une valve en communication avec la conduite du frein. L'ouverture de cette valve diminue dans une certaine proportion la pression de la conduite dans les freins à air comprimé et diminue le

vide de cette même conduite dans les freins à vide. Par suite de cette diminution de pression, le serrage des freins se produit, ce qui appelle l'attention du mécanicien et du conducteur. La diminution de pression ou de vide n'est pas, toutefois, suffisante pour amener l'arrêt du train, ce qui, dans certaines circonstances, pourrait avoir de graves inconvénients, et cet arrêt complet ne peut être obtenu que par le mécanicien prévenu par ce commencement de serrage. Le voyant de la voiture où l'appel a été fait ne peut être remis dans son état normal que par le conducteur.

Ce système pneumatique d'intercommunication est en usage, en France, sur la plupart des grands réseaux.

En Angleterre, il est appliqué sur le réseau du Manchester, Sheffield et Lincolnshire. Il est aussi en usage en Belgique (Réseau de l'État Belge), aux Pays-Bas, en Allemagne, en Suisse et en Italie.

Rétribution des agents des trains. — Indépendamment de leurs appointements, des indemnités sont allouées aux agents des trains, à titre de frais de déplacement, lorsqu'ils accompagnent des trains.

§ 3. — Répartition du matériel.

Bureaux répartiteurs. — La répartition du matériel roulant d'une Compagnie sur tout son réseau est une question de la plus grande importance : il s'agit, en effet, d'assurer une quantité de transports correspondant à un trafic considérable avec le nombre minimum de véhicules : si les véhicules restent inoccupés et non déchargés dans les gares et stations, sur les embranchements particuliers ou chez les Compagnies étrangères, il en résulte une double perte pour la Compagnie qui n'utilise pas son matériel et qui s'expose à en manquer sur d'autres points du réseau ; le but à atteindre est donc que chaque wagon circule à charge complète sur le plus grand nombre de kilomètres possible, et qu'il soit, en général, employé aussitôt après qu'il vient d'être déchargé.

Chaque Compagnie a installé, en plusieurs points de son réseau, des bureaux répartiteurs, qui connaissent chaque jour quels sont les besoins et quelles sont les ressources disponibles de toutes les gares de leur circonscription, qui ont pour mission de faire face aux premiers à l'aide des secondes, et qui, en cas d'insuffisance, s'adressent soit au bureau voisin, soit à un bureau ou agent répartiteur central, qui opère vis-à-vis d'eux comme ils opèrent vis-à-vis des gares.

Les stations leur adressent chaque jour un état des voitures, wagons et bâches restant en gare, à une heure déterminée du jour, et leur indiquent, en outre, le nombre des wagons chargés à expédier ou à décharger, le nombre et la nature des wagons vides et, entre autres,

de ceux qui seront employés sur place, le nombre et la nature des wagons qui font défaut, etc.

Les gares fournissent, en outre, des états de stationnement des wagons, indiquant le jour d'entrée et de sortie de chaque wagon, le nombre d'heures pendant lesquelles il a séjourné dans chaque gare ; on doit faire en sorte que la moyenne ne dépasse pas quarante-huit heures, surtout pour les wagons étrangers à la Compagnie.

Des réserves (remises pour les voitures, garages pour les wagons) sont installées sur quelques points du réseau ; en ce qui concerne particulièrement les voitures, on doit les renvoyer d'office aux gares de remisage d'où elles proviennent, de manière que la réserve soit toujours reformée.

Dans la plupart des cas et pour les besoins journaliers, la répartition journalière du matériel peut se localiser sans nécessiter l'intervention du service central ; d'ailleurs, l'existence de certains courants réguliers dans la marche des wagons contribue encore à accélérer la répartition du matériel : à certaines époques de l'année, tous les wagons à houille, par exemple, doivent être renvoyés d'urgence et d'office aux points d'extraction ; toutefois, il vaut mieux les renvoyer chargés que vides, quand il ne doit pas en résulter de retard appréciable et de stationnement prolongé.

Échange de matériel entre les Compagnies. — Il est admis entre les Compagnies que les wagons de l'une d'elles chargés pour un réseau autre que le sien peuvent se rendre à leur destination soit directement, soit en transitant sur une ou plusieurs autres Compagnies, lorsqu'ils satisfont à certaines conditions techniques (gabarit, hauteur des tampons, épaisseur des bandages, etc.) déterminées par des conventions spéciales. Le matériel admis ainsi à circuler peut être restitué à une gare de contact quelconque entre les deux Compagnies cédante et cessionnaire. En outre, ce matériel peut être utilisé au retour, en recevant un chargement soit pour la Compagnie propriétaire, soit pour une des stations situées sur la voie du retour, soit enfin pour une autre Compagnie située au delà de la Compagnie propriétaire, mais à la condition que le matériel ainsi utilisé suivra, pour se rendre à destination, les voies de la Compagnie propriétaire.

Dans les gares de transmission sont installés des visiteurs, dépendant de chaque administration, qui relèvent contradictoirement les avaries qu'auraient pu éprouver en cours de route les wagons de transit : ces avaries sont portées au compte de la Compagnie qui a accepté un wagon comme étant en bon état et qui le rend détérioré ou privé d'agrès.

Délais de parcours et prix de location. — Lorsque le matériel d'une Compagnie est admis à circuler sur les voies d'une autre Compagnie cette dernière paye, à titre de location, soit un droit de

parcours, soit un droit de séjour. Le droit de parcours est, par exemple, de 0 fr. 01 par essieu et par kilomètre parcouru, tant à charge qu'à vide, pour l'aller et le retour. Le droit de séjour est, par exemple, de 0 fr. 25 par wagon pour le premier jour, 0 fr. 35 ou 0 fr. 50 pour le second, puis 3 francs par wagon pour chaque jour en plus.

Quelquefois, il est payé une indemnité de 1 fr. 50, par jour d'absence et par essieu, pour tout wagon qui n'est pas rendu dans les délais ci-après : Pour une distance de 1 à 120 kilomètres (comptés sur l'aller seulement), quatre jours (le jour de départ et de retour comptés chacun pour un jour). Au delà de 120 kilomètres, un jour en plus par chaque fraction de 60 kilomètres. Si le wagon rentre chargé, il est accordé un jour de plus sur l'ensemble des jours d'absence, calculés d'après la règle ci-dessus.

Lorsqu'un wagon doit être transbordé à Paris, la Compagnie qui fournit le matériel pour son transport sur le chemin de Ceinture reçoit de la Compagnie avec laquelle elle se trouve en correspondance une indemnité calculée sur les bases suivantes :

Le 1er jour d'absence	0f,25 par wagon
Le 2e jour.....	0 ,50 —
Le 3e jour et tout autre au delà.....	1 ,50 par essieu

Dans ce cas, les jours de départ et de retour comptent ensemble pour un jour.

Entre les Compagnies reliées directement par des gares communes, les conditions pour les wagons qui circulent restent les mêmes. — Les wagons transbordés dans les gares communes ne sont pas pris en charge.

D'ailleurs, les conditions ci-dessus sont très variables entre les diverses Compagnies et surtout entre les Compagnies secondaires et les grands réseaux.

Dans les relations de l'Union internationale, l'allocation de 0 fr. 02 est réduite à 0 fr. 0125 pour les wagons de moins de 15 tonnes et élevée à 0 fr. 025 pour les wagons de plus de 15 tonnes. Aucun délai gratuit n'est accordé pour le parcours, et tous les jours d'absence se payent à raison de 1 fr. 25 pour les wagons de moins de 15 tonnes et de 2 fr. 50 pour ceux de plus de 15 tonnes, sauf un seul jour franc accordé pour le déchargement.

Les délais de parcours sont calculés à raison de :

1 à 75	kilomètres,	1 jour ;
76 à 200	—	2 jours ;
201 à 325	—	3 jours.

Ainsi de suite, en ajoutant un jour par fraction de 125 kilomètres en plus : ces délais sont calculés tant à l'aller qu'au retour. Il est accordé aussi quarante-huit heures pour le déchargement du wagon et vingt-

quatre heures pour le rechargement; passé ces délais, la redevance de 1 fr. 25 ou 2 fr. 50, suivant le cas, est acquise, plus une pénalité de 2 fr. 50 par jour et par wagon de moins de 15 tonnes et de 3 fr. 75 par jour et par wagon de plus de 15 tonnes.

Parcours et utilisation des wagons. — La nature du trafic influe beaucoup sur le travail produit par chaque véhicule. Plus une Compagnie transporte de grosses marchandises expédiées à de grandes distances, mieux elle utilise son matériel. En divisant le parcours total des wagons d'une Compagnie sur son propre réseau par l'effectif de son matériel, on trouve, en moyenne de 15 à 18.000 kilomètres par wagon et par an. — En divisant le nombre de wagons par le nombre de kilomètres exploités, on trouve, en moyenne, de 5 à 10 véhicules par kilomètre.

En divisant le tonnage annuel par le nombre des wagons, on trouve que chaque wagon transporte par an 4 à 500 tonnes environ; en divisant le parcours moyen d'un wagon par le parcours moyen d'une tonne, qui est de 100 à 150 kilomètres, on a le nombre moyen de voyages effectués par un wagon dans l'espace d'une année, soit 100 à 120, et, en multipliant par 10 tonnes, on a la capacité annuelle et moyenne d'un wagon, qui est de 1.000 à 1.200 tonnes; on voit donc que l'utilisation (c'est-à-dire le rapport du nombre de tonnes transportées par un wagon à sa capacité moyenne) diffère peu de 40 0/0, et qu'elle est à peu près la même que si les wagons chargés retournaient à vide au même point.

En d'autres termes: en divisant le nombre total de tonnes transportées à 1 kilomètre par le parcours total des wagons à marchandises, on trouve que la charge moyenne d'un wagon (y compris les wagons vides) est d'environ 4 tonnes; en évaluant à 10 tonnes la capacité moyenne d'un wagon, on voit que l'utilisation moyenne d'un wagon est d'environ 40 0/0, c'est-à-dire qu'elle est à peu près la même que si les wagons chargés retournaient à vide à leur point de départ.

On peut encore citer les chiffres suivants, concernant la grande vitesse :

La proportion par classe des voyageurs transportés par les chemins de fer d'intérêt général a varié comme suit de 1891, année qui a précédé celle de l'abaissement des tarifs, à 1905 :

1re classe.....	de	7 à 4 0/0
2e classe.....		35 à 25 —
3e classe.....		58 à 71 —

§ 4. — Prix de revient et recettes des trains.

Prix de revient. — Les trains de toute nature, mis en marche par une Compagnie, représentant la puissance de transport dont elle dis-

pose, on est conduit à rapporter les dépenses générales d'exploitation au nombre de ces trains et au parcours annuel qu'ils effectuent. Cet élément d'appréciation n'a une grande importance que si l'on considère l'ensemble d'un grand réseau traversant des contrées très diverses, de telle sorte qu'il s'établisse une moyenne entre des chiffres qui varient évidemment suivant la section de la ligne exploitée.

Les dépenses moyennes d'un train par kilomètre de parcours pour les différentes Compagnies françaises sont indiquées par le tableau suivant :

Prix du kilomètre de train moyen en 1905.

	NORD	EST	OUEST	ORL.	P.L.M.	MIDI	ÉTAT
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Administration centrale.....	0,24	0,20	0,25	0,25	0,26	0,27	0,21
Exploitation	0,75	0,78	0,78	0,66	0,92	0,82	0,72
Matériel et traction.....	0,98	0,74	0,72	0,83	1,11	0,73	0,80
Voie.....	0,38	0,43	0,36	0,49	0,57	0,38	0,39
Divers.....	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03	0,01	0,10
TOTAL.....	2,37	2,17	2,12	2,26	2,89	2,21	2,22

Recette. — La recette par kilomètre de train sur les grands réseaux a été, en moyenne, en 1905 :

3f,12 pour les trains de voyageurs ;
5f,51 pour les trains de marchandises ;
4f,62 pour l'ensemble des trains.

En résumé, la dépense est à peu près égale à la moitié de la recette.

CHAPITRE XXI

APPAREILS DESTINÉS A GARANTIR LA SÉCURITÉ

§ 1. — Langage des signaux.

Définitions. — Les signaux constituent le langage employé par les agents des chemins de fer pour indiquer si la voie est libre ou occupée, pour commander aux trains en mouvement l'arrêt ou le ralentissement ou pour leur fournir des indications utiles pour le service ; de là deux sortes de signaux : les *signaux impératifs* et les *signaux indicateurs*.

Certains signaux s'adressent aux yeux (*signaux optiques*), d'autres s'adressent aux oreilles (*signaux acoustiques*). Enfin, les uns sont des *signaux fixes*, les autres sont des *signaux mobiles*.

Unification des signaux. — Le langage des signaux n'a pas toujours été le même sur les différents chemins de fer français : un arrêté ministériel du 15 novembre 1885 a institué un *Code des signaux* qui rend uniformes en France les *apparences ou les sons* que les signaux sont destinés à produire, ainsi que la *signification* à y attacher, mais qui laisse toute latitude aux Compagnies de chemins de fer en ce qui concerne la structure des signaux et leur manœuvre mécanique, dont les perfectionnements sont incessants, ainsi que pour leur emplacement ou répartition sur la ligne, qui varient avec le profil de celle-ci, avec son tarif, etc.

Une codification analogue existe en Allemagne, en Autriche-Hongrie, en Angleterre, en Suisse.

Le code des signaux ne s'applique pas, toutefois, aux signaux à cloches électriques pour la voie unique, qui ne s'adressent pas directement aux agents des trains ; aux signaux d'annonce des circulations extraordinaires, dont l'importance est secondaire ; aux signaux de manœuvre à la machine.

CODE DES SIGNAUX

TITRE I

Dispositions générales.

ARTICLE PREMIER. — Sont régis par les dispositions suivantes les signaux échangés entre les agents des trains et les agents des voies ou des gares.

Les règlements spéciaux à chaque Compagnie ne pourront contenir aucune disposition contraire.

Les Compagnies pourront, d'ailleurs, être autorisées par le Ministre des Travaux publics à employer, à titre d'essai, des signaux autres qu ceux qui sont prévus et définis au présent arrêté.

TITRE II

Signaux de la voie.

SECTION I. — *Généralités.*

ART. 2. — Les *signaux de la voie*, c'est-à-dire les signaux faits de la voie ou des stations aux agents des trains ou des machines, sont destinés soit à indiquer la *voie libre*, soit à commander l'*arrêt* ou le *ralentissement*, soit à donner la *direction*.

Dans tous les cas, l'absence de signal indique que la voie est libre.

Les signaux sont *mobiles*, c'est-à-dire susceptibles d'être transportés et employés en un point quelconque, ou *fixes*, c'est-à-dire établis à demeure en un point déterminé.

ART. 3. — Le signal de *ralentissement* fait à des trains en pleine marche indique que la vitesse effective doit être réduite de façon à ne pas dépasser un maximum de 30 kilomètres à l'heure pour les trains de voyageurs, et de 15 kilomètres pour les trains de marchandises.

SECTION II. — *Signaux mobiles.*

ART. 4. — Les signaux mobiles ordinaires sont faits :

Le jour, avec des drapeaux, des guidons, un objet quelconque ou le bras ;

La nuit, ou le jour par temps de brouillard épais, avec des lanternes à feu blanc ou de couleur ;

Le jour comme la nuit, avec des pétards.

ART. 5. — La *voie libre* peut être indiquée en présentant aux trains :

Le jour, le drapeau roulé ou le bras étendu horizontalement dans la direction suivie par le train ;

La nuit, le feu blanc.

ART. 6. — Le drapeau rouge déployé tenu à la main par un agent commande l'*arrêt immédiat*.

A défaut de drapeau rouge, l'arrêt est commandé soit en agitant vivement un objet quelconque, soit en élevant les bras de toute leur hauteur.

Le feu rouge commande l'arrêt immédiat.

A défaut de feu rouge, l'arrêt est commandé par toute lumière vivement agitée.

ART. 7. — Le drapeau vert déployé ou le guidon vert commande le ralentissement.

ART. 8. — Le feu vert commande le ralentissement. En cas de ralentissements accidentels, comme ceux nécessités par les travaux ou l'état de la voie, un drapeau roulé, un guidon blanc ou un feu blanc indique le point à partir duquel le ralentissement doit cesser.

ART. 9. — Les *pétards* sont employés pour compléter les signaux optiques mobiles commandant l'arrêt, soit de jour, soit de nuit, lorsque, à raison des troubles atmosphériques ou pour toute autre cause, ces signaux ne pourraient pas être suffisamment perceptibles.

Dans ce cas, on doit placer deux pétards au moins, et trois par temps humide, dont un sur chaque rail, à 25 ou 30 mètres d'intervalle et à pareille distance en avant du signal optique qu'ils complètent.

L'emploi des pétards pour compléter les signaux optiques mobiles commandant l'arrêt est obligatoire lorsque, par suite du brouillard ou d'autres troubles atmosphériques, les signaux optiques ne peuvent être distinctement aperçus à 100 mètres de distance.

ART. 10. — En cas de force majeure, des pétards peuvent être employés isolément et indépendamment des signaux optiques, même en l'absence d'un agent posté pour faire les signaux sur place.

Le mécanicien d'un train qui rencontre des pétards placés dans ces conditions doit se rendre immédiatement maître de la vitesse de son train par tous les moyens à sa disposition, et ne plus s'avancer qu'à une vitesse suffisamment réduite pour être en mesure de s'arrêter dans la partie de voie en vue, s'il se présente un obstacle ou un signal commandant l'arrêt. Si, à partir du lieu de l'explosion après un parcours fixé par le règlement de la Compagnie, sans qu'il puisse être inférieur à 1.000 mètres, il ne se présente ni obstacle ni signal commandant l'arrêt, le mécanicien peut prendre sa vitesse normale.

Section III. — *Signaux fixes.*

Art. 11. — Les signaux fixes de la voie sont :
Les disques ou signaux ronds ;
Les signaux d'arrêt absolu ;
Les sémaphores ;
Les signaux de ralentissement ;
Les indicateurs de bifurcation et signaux d'avertissement ;
Les signaux indicateurs de direction des aiguilles.

Art. 12. — Le *disque* ou *signal rond* peut prendre deux positions par rapport à la voie qu'il commande : perpendiculaire ou parallèle.

Le disque fermé, c'est-à-dire présentant au train sa face rouge perpendiculaire à la voie, le jour, ou un feu rouge, la nuit, commande l'arrêt.

Le disque effacé, c'est-à-dire disposé parallèlement à la voie, le jour, ou représentant le feu blanc, la nuit, indique que la voie est libre.

Dès qu'un mécanicien aperçoit un disque fermé, il doit se rendre immédiatement maître de la vitesse de son train par tous les moyens à sa disposition et ne plus s'avancer qu'à une vitesse suffisamment réduite pour être en mesure de s'arrêter à temps dans la partie de voie en vue, s'il se présente un obstacle ou un nouveau signal commandant l'arrêt. En tout cas, il ne devra jamais atteindre la première aiguille ou la première traversée de voie protégées par le signal, et ne se remettre en marche qu'après y avoir été autorisé soit par le conducteur chef de train, soit par l'agent de service à la gare ou du poste protégé.

Art. 13. — Le *disque* ou *signal rond* doit être suivi d'un poteau indiquant, par une inscription, le point à partir duquel le signal fermé assure une protection efficace.

Art. 14. — Le *signal carré d'arrêt absolu* peut prendre deux positions par rapport à la voie qu'il commande : perpendiculaire ou parallèle.

Le signal présentant au train, le jour, perpendiculairement à la voie un damier rouge et blanc, et, la nuit, un double feu rouge, commande l'*arrêt absolu*, c'est-à-dire qu'aucun train ou machine ne peut franchir le signal tant qu'il commande l'arrêt.

Le signal effacé, c'est-à-dire disposé parallèlement à la voie, ou présentant, la nuit, un feu blanc, indique que la voie est libre.

Art. 15. — Sur les voies autres que celles suivies par les trains en circulation, le *signal d'arrêt absolu* défini à l'article précédent peut être remplacé, avec l'autorisation du Ministre, par un signal carré ou rond à face jaune, présentant, la nuit, un simple feu jaune.

Art. 16. — Le *sémaphore* est un appareil destiné à maintenir entre les trains les intervalles nécessaires.

Il donne ses indications : le jour, par la position du ou des bras dont il est muni ; la nuit, par la couleur des feux qu'il présente.

Le bras qu'on voit à gauche, en regardant le sémaphore vers lequel le train se dirige, s'adresse seul à ce train.

Le jour, le bras étendu horizontalement et présentant sa face rouge commande l'arrêt ; le bras incliné vers le bas, à angle aigu, commande le ralentissement ; le bras rabattu sur le mât indique que la voie est libre.

La nuit, le sémaphore commande : l'arrêt, par un feu donnant en même temps le vert et le rouge ; le ralentissement, par le feu vert. Le feu blanc indique que la voie est libre.

Le signal d'arrêt du sémaphore interdit la circulation au delà du poste ou de la station où le sémaphore est placé, sauf autorisation formelle d'avancer donnée par le chef de station ou par celui qui en fait fonction au poste ou à la station, et dans des conditions particulières indiquées au mécanicien.

Art. 17. — Le *disque de ralentissement* peut prendre deux positions par rapport à la voie qu'il commande.

Le signal présentant au train, le jour, perpendiculairement à la voie, sa face verte, et, la nuit, un feu vert, commande le ralentissement indiqué à l'article 3.

Le signal effacé, c'est-à-dire disposé parallèlement à la voie et présentant, la nuit, un feu blanc, indique que la voie est libre.

Des limitations spéciales de vitesse peuvent, dans des cas déterminés par le Ministre, être indiquées par des tableaux blancs, éclairés la nuit et portant le chiffre auquel la vitesse doit être réduite.

Des tableaux portant en lettres apparentes, éclairées la nuit, le mot ATTENTION, peuvent également, dans les cas fixés par le Ministre, être employés pour indiquer aux agents des trains qu'ils doivent redoubler de prudence et d'attention jusqu'à ce que la liberté de la marche leur soit rendue.

Art. 18. — L'*indicateur de bifurcation* est formé soit par une plaque carrée, peinte en damier vert et blanc, éclairée, la nuit, par réflexion ou par transparence, soit par une plaque portant le mot *bifur*, éclairée, la nuit, de la même manière.

Ce signal est disposé, sauf autorisation contraire du Ministre, de manière à donner constamment la même indication.

Le damier vert et blanc peut être aussi employé comme signal d'avertissement annonçant des signaux carrés d'arrêt absolu qui ne protègent pas des bifurcations.

Le mécanicien qui rencontre, non effacé, l'un des signaux précédents, doit se mettre en mesure de s'arrêter, s'il y a lieu, à l'embranchement ou au signal d'arrêt absolu qu'annonce ledit signal.

Art. 19. — Les signaux *indicateurs de direction* des aiguilles se distinguent :

En signaux *de direction*, placés aux aiguilles en pointe où le mécanicien doit préalablement demander la voie utile par le sifflet de la machine :

Et en signaux *de position*, destinés à renseigner les agents sédentaires sur la direction donnée par les aiguilles, direction que le mécanicien n'a pas à demander par le sifflet de la machine.

ART. 20. — Les signaux de direction des aiguilles, signaux qui ne s'adressent qu'aux trains abordant les aiguilles par la pointe, sont faits par des bras sémaphoriques peints en violet, terminés à leur extrémité en flamme par une double pointe ; ces bras sont disposés, se meuvent et sont éclairés, la nuit, de la manière suivante :

1° Lorsqu'ils sont mus par des leviers indépendants des aiguilles, mais enclenchés avec elles, ils sont placés sur un mât, à des hauteurs différentes, en nombre égal aux directions que peut donner le poste. Le bras le plus élevé correspond à la direction la plus à gauche, le moins élevé à la direction la plus à droite, chacun étant placé de haut en bas, dans l'ordre où se trouvent les directions, en allant de gauche à droite. Les bras ne peuvent prendre que deux positions : la position horizontale, indiquant que la direction correspondante n'est pas donnée ; la position inclinée, à angle aigu, indiquant la direction qui est donnée. La nuit, les bras horizontaux présentent le feu violet ; les bras inclinés, à angle aigu, le feu vert ou le feu blanc, suivant que l'on doit ralentir ou que l'on peut passer en vitesse

2° Lorsqu'ils sont mus automatiquement par l'aiguille, le mât ou indicateur juxtaposé à l'aiguille ne présente jamais qu'un bras apparent. Le bras apparent d'un côté, le jour, ou donnant un feu violet, la nuit, indique que la direction correspondant à ce côté est fermée. Le bras effacé, le jour, ou un feu blanc, la nuit, indique le côté dont la direction est donnée. Lorsque plusieurs bifurcations se suivent au même poste, les appareils sont placés dans l'ordre des directions à prendre et leurs indications doivent être observées dans le même ordre.

TITRE III

Signaux de trains.

SECTION I. — *Signaux ordinaires portés par les trains.*

ART. 21. — Tout train circulant de jour, tant sur les lignes à double voie que sur celles à voie unique, doit porter, à l'arrière du dernier véhicule, un *signal de queue* consistant soit en une plaque

de couleur rouge, soit dans la lanterne d'arrière dont le train doit être muni la nuit.

Art. 22. — Tout train circulant de nuit, tant sur les lignes à double voie que sur celles à voie unique, doit porter à l'avant au moins un feu blanc, et à l'arrière un feu rouge placé sur la face arrière du dernier véhicule ; deux autres lanternes doivent être placées de chaque côté, vers la partie supérieure du dernier véhicule, ou, en cas d'impossibilité, de l'un des derniers véhicules ; ces lanternes de côté doivent être disposées de façon à lancer un feu blanc vers l'avant et un feu rouge vers l'arrière.

Cette disposition n'est pas obligatoire pour les trains de manœuvre ayant à effectuer un parcours de moins de 5 kilomètres ; dans ce cas, un seul feu rouge à l'arrière suffit.

Art. 23. — Dans tous les cas où aura été établie, en conformité des prescriptions réglementaires sur la matière, une circulation à contre-voie sur une ligne à double voie, tout train ou machine isolée circulant à contre-voie doit porter : le jour, un drapeau rouge déployé à l'avant ; la nuit, un feu rouge en plus du feu blanc ou des feux blancs de l'article précédent.

Art. 24. — Les trains de marchandises peuvent être distingués des trains de voyageurs par l'adjonction d'un feu vert à l'avant.

Art. 25. — Les machines isolées circulant pour le service dans les gares portent, la nuit, un feu blanc à l'avant et un feu blanc à l'arrière.

Art. 26. — Les machines isolées circulant sur la ligne, hors de la protection des signaux des gares, portent, la nuit : à l'avant, au moins un feu blanc ; à l'arrière, au moins un feu rouge, sans préjudice du signal d'avant spécial au cas de circulation à contre-voie sur une ligne à double voie.

Art. 27. — Les Compagnies peuvent, en se conformant à leurs règlements spéciaux approuvés par le Ministre, distinguer la direction des trains ou machines par la position relative assignée aux feux d'avant et par l'addition de feux supplémentaires. Ces feux supplémentaires peuvent être blancs ou présenter toute couleur autre que le rouge.

Section II. — *Signaux du mécanicien.*

Art. 28. — Le mécanicien communique avec les agents des trains ou de la voie par le sifflet de sa machine.

Un coup prolongé appelle l'attention et annonce la mise en mouvement.

Aux bifurcations, à l'approche des aiguilles qui doivent être abordées par la pointe, le mécanicien demande la voie en donnant le nombre de coups de sifflet prolongés correspondant au rang

qu'occupe la voie qu'il doit prendre, en comptant à partir de la gauche, savoir :

Un coup pour prendre la 1re voie ;
Deux coups pour prendre la 2e voie ;
Trois coups pour prendre la 3e voie ;
Quatre coups pour prendre la 4e voie.

Deux coups de sifflet brefs et saccadés ordonnent de serrer les freins ; un coup bref, de les desserrer.

Section III. — *Signaux des conducteurs des trains.*

Art. 29. — Le train étant en mouvement, le conducteur de tête communique avec le mécanicien par la cloche ou le timbre du tender.

Un coup de cloche ou de timbre commande l'arrêt.

Art. 30. — Les conducteurs intermédiaires signalent l'arrêt au conducteur de tête et au mécanicien comme aux agents de la voie, en agitant à l'extérieur de leur fourgon ou vigie un drapeau rouge déployé ou un feu rouge tourné vers l'avant.

Le conducteur de tête, sur le vu de ce signal, le répète au mécanicien en sonnant la cloche ou le timbre du tender.

Tout agent de la voie qui aperçoit à temps un pareil signal doit faire immédiatement le signal d'arrêt au mécanicien, et, si celui-ci ne l'a pas aperçu, employer tous les moyens à sa disposition pour faire présenter utilement au train le signal d'arrêt par l'agent de la voie ou le poste en avant le plus rapproché dans le sens de la marche du train.

TITRE IV

Dispositions spéciales.

Section I. — *Signal de départ et d'arrêt des trains.*

Art. 31. — L'ordre de départ d'un train est donné au conducteur de tête par le chef de gare ou son représentant, au moyen d'un coup de sifflet de poche. Le conducteur de tête commande à son tour au mécanicien la mise en marche du train, au moyen d'un coup de cornet.

Si le train mis en marche doit être aussitôt arrêté, pour une cause quelconque, le chef de gare en donne le signal par des coups saccadés, et le conducteur de tête sonne la cloche ou le timbre du tender.

Le mécanicien doit, dans ce dernier cas, obéir aux coups de sifflet du chef de gare dès qu'il les entend, alors même que le conducteur de tête ne les aurait pas encore confirmés comme il vient d'être dit.

SECTION II. — *Dispositions particulières au cas d'exploitation sur plus de deux voies principales.*

ART. 32. — Si l'exploitation se fait sur plus de deux voies principales, les signaux destinés à chacune des voies devront être placés au voisinage immédiat et à gauche du rail de gauche de ladite voie, dans le sens de la marche des trains, ou au-dessus de cette voie, à l'exception des sémaphores, dont les bras devront être tous placés de façon à être vus les uns au-dessous des autres, les bras les plus élevés s'adressant à la direction la plus à droite, dans le sens de la marche des trains ; les bras intermédiaires s'adressant à la direction intermédiaire, s'il y en a une.

TITRE V

Dispositions transitoires.

ART. 33. — Les délais dans lesquels les dispositions prescrites par le présent arrêté devront avoir reçu leur complète application seront déterminés, pour chaque réseau, par des décisions ministérielles spéciales.

Distance de protection. — Le signal d'arrêt doit généralement être fait à 1.000 mètres en avant du point à couvrir. Cette distance varie, toutefois, avec les différents chemins de fer et suivant que la voie est en palier, en rampe ou en pente. A la vue d'un signal d'arrêt, le mécanicien doit immédiatement se rendre maître de la vitesse de son train, par tous les moyens mis à sa disposition.

A la vue d'un signal vert, commandant le ralentissement, le mécanicien prend les mêmes mesures, mais il peut continuer sa route avec une vitesse de 30 kilomètres pour les trains de voyageurs et mixtes, et de 15 kilomètres pour les trains de marchandises.

§ 2. — Description des signaux.

Ainsi qu'on l'a vu dans les pages précédentes, on peut classer les signaux en diverses catégories : signaux à main, fixes, acoustiques, optiques, etc.

Signaux à main. — Ce sont les drapeaux et les lanternes. Ils n'ont pas besoin d'une description spéciale ; les drapeaux sont quelquefois disposés de manière à présenter les deux couleurs rouge et verte enroulées sur la même hampe, une à chaque extrémité ; les lanternes sont pourvues de vitres à charnière permettant de donner à volonté un feu blanc, un feu vert ou un feu rouge.

Signaux acoustiques. — Indépendamment du *sifflet de la machine*, de la *cloche du tender*, des *pétards*, du *sifflet de poche* et du *cornet* dont il est question dans le code des signaux, on fait usage de la *trompe* et du *cornet d'appel* dans les circonstances suivantes :

Les gardes-barrières se servent de la *trompe* pour annoncer les trains ou machines en vue, ou au moment de leur départ des stations ; plusieurs sons de trompe répétés servent à demander du secours dans les circonstances graves.

Dans les gares, les aiguilleurs sont munis de *cornets d'appel*, dont ils font usage pour indiquer aux mécaniciens les manœuvres à faire en avant, en arrière, ou l'arrêt ; des consignes locales règlent ces signaux conventionnels.

Signaux acoustiques et optiques. — On emploie sur certaines lignes des pétards colorés, qui ont le double avantage de frapper la vue et l'ouïe, et dont la coloration persiste sur le rail et sur le bandage de la roue qui l'a écrasé, ce qui permet un certain contrôle.

Signaux fixes. — Les uns sont de simples poteaux donnant une indication permanente, les autres ont une signification qui varie avec la position de l'une de leurs parties ; les signaux de la deuxième catégorie sont manœuvrés par les agents ou les machines, soit sur place, soit à distance, à l'aide de fils de transmission.

Poteaux. — Citons, sans nous y arrêter, les poteaux kilométriques et les indicateurs de profil placés à gauche de la voie pour les trains s'éloignant de Paris ; les indicateurs portant l'inscription : *Sifflez*, et placés en des points où l'existence de tranchées en courbe gêne la vue.

Des poteaux indicateurs spéciaux précèdent les bifurcations et les ponts tournants ; ils portent un voyant de forme carrée, dont une face est peinte en damiers vert et blanc ; il est éclairé par transparence pendant la nuit. Ce poteau est placé à 8 ou 900 mètres en avant du signal d'arrêt absolu et a pour but de prévenir les agents du train qu'on approche d'une bifurcation.

Enfin, on peut encore citer les *poteaux dits de protection*, placés sur l'accotement de la voie à 8 ou 900 mètres du disque à distance, et

indiquant par l'inscription en relief : *limite de protection*, le point à partir duquel le signal fermé assure une protection efficace. On admet que les trains ne sont couverts par le disque à distance que lorsque la queue du train a franchi ce poteau.

Disques et carrés. — Les disques et les carrés sont formés essentiellement de trois éléments : la plaque ou voyant, la transmission et le levier.

Le voyant est circulaire, carré ou rectangulaire, peint en rouge ou en vert ou en damier rouge et blanc ; il est monté sur un poteau en bois, sur une colonne de fonte ou sur un bâti léger en fer ; il peut tourner ou présenter sa face perpendiculairement aux voies, pour commander aux mécaniciens le ralentissement ou l'arrêt, ou parallèlement aux voies, pour indiquer que la voie est libre.

Le voyant est percé d'une ouverture fermée par un verre de même couleur, derrière lequel est une lanterne qui peut tourner avec le voyant ou rester fixe. Dans le premier cas, la lanterne est mise en place à la main par l'agent, qui monte sur une échelle en fer accolée au disque ; dans le second cas, une glissière et un contrepoids permettent de monter la lanterne en place.

Les signaux d'arrêt absolu sont éclairés, la nuit, par deux feux rouges projetés par une seule lanterne, munie d'un miroir qui réfléchit la lumière sur un deuxième verre.

La transmission est soit à deux fils, soit à un seul fil. Dans le premier cas, chacun des fils est attaché, d'une part, à une extrémité d'un levier à deux branches qui commande la rotation du voyant, et, d'autre part, en deux points du levier de manœuvre. La tension des fils, au moment de la pose, est réglée de manière que le fonctionnement du disque ne souffre pas de la dilatation et du raccourcissement produits par des températures de $+35°$ à $-15°$.

Dans les transmissions à un seul fil, le but à atteindre est que le disque se mette à l'arrêt si le fil casse ; on obtient ce résultat en plaçant un contrepoids auprès du disque, dans le prolongement du fil de transmission.

La grosseur du fil galvanisé employé pour les transmissions est au plus de 0,004, son prix est d'environ 8 à 9 centimes par mètre courant ; sa longueur peut atteindre 2.100 mètres dans les parties de lignes à forte pente ; les fils sont supportés, à $0^m,40$ au-dessus du sol, par de petites poulies verticales en fonte, distantes de 15 mètres, et disposées dans un plan horizontal, quand la ligne est en courbe ; le prix d'une poulie est de 1 fr. 75 à 2 fr. 50.

Divers systèmes sont en usage pour maintenir toujours égale la tension des fils.

L'appareil compensateur du système Robert est placé au milieu de la longueur du fil, qui est coupé en ce point et dont chacun des

bouts s'infléchit sur une poulie : un poids tendeur de 45 à 55 kilos est suspendu au brin qui vient du levier de manœuvre, et porte un levier accroché à l'autre brin, afin que, si le fil casse dans la première moitié, le poids tendeur tombe et que le signal se mette à l'arrêt, sous l'action du poids de rappel.

Quelquefois aussi, le système de compensation est placé au levier de manœuvre, soit en attachant le levier en un point variable du fil, qui se trouve ainsi réglé tous les jours selon la température soit en installant un contrepoids à l'extrémité du fil, près du levier.

Dans la disposition adoptée sur le réseau de Lyon, le levier saisit le fil avec un pince-maille qui laisse la dilatation libre lorsque ce disque est en repos.

Sur le réseau de l'Est, le pince-maille est fixe et placé à l'orifice du puits où descend le contrepoids de rappel qui, en temps normal, tend le fil : lorsque le disque est mis à l'arrêt, la chaine est pincée et le contrepoids placé près du disque agit seul.

Les leviers de manœuvre portent des crans d'arrêt à l'extrémité du curseur qui correspond à la voie libre, de manière que le contrepoids qui tend à mettre le signal à l'arrêt ne puisse agir.

Cependant, les leviers de certains signaux d'arrêt absolu sont dépourvus de crans d'arrêt, afin que les agents soient forcés de les maintenir à la main pendant le temps que ces disques doivent rester effacés.

Il arrive souvent que, pour ne pas multiplier les signaux, on fait manœuvrer le même disque par des leviers installés en plusieurs points différents. L'appareil de raccordement vers le mât est tel que le disque, mis à l'arrêt par l'un des leviers de manœuvre, ne peut être effacé par aucun autre.

Pour éviter les contestations qui s'élèvent souvent lorsque les mécaniciens ont franchi un disque d'arrêt absolu, on adapte à ces appareils une tige portant un pétard qui vient se poser sur le rail lorsque le disque est à l'arrêt, et qui, écrasé, prouve d'une manière irrécusable que le mécanicien a franchi le disque à l'arrêt.

Sur le réseau à voie unique de la Compagnie de Lyon, on a appliqué un système de pétards venant se poser, sur la voie, à 700 mètres en avant des disques, pour attirer l'attention des mécaniciens sur la mise à l'arrêt de ces disques, en cas de brouillard.

Des sonneries trembleuses, mues par l'électricité, sont mises en communication avec les disques situés à une grande distance du point de manœuvre ou dont la mise à l'arrêt ne peut être contrôlée facilement : à cet effet, l'axe de rotation porte une pièce qui, lorsque le voyant est perpendiculaire aux voies, établit un contact électrique transmis à la sonnerie placée auprès du levier de manœuvre.

La Compagnie d'Orléans préfère aux sonneries trembleuses l'emploi de disques répétiteurs conjugués avec les disques à distance.

On installe encore de petits disques, dits de correspondance, ayant la

même forme que les grands, manœuvrés à distance, et servant aux agents des gares à transmettre à distance les ordres, demandes et réponses intéressant la circulation.

Ces petits appareils, qui ne sont généralement pas éclairés la nuit, et dont le voyant porte une inscription indiquant leur but, sont munis de sonnettes mises en branle lorsqu'on les manœuvre, afin d'appeler l'attention des agents.

Indicateurs de directions. — La direction donnée par les aiguilles abordées par la pointe sur les voies principales est indiquée par des signaux spéciaux.

Le signal porte deux bras peints en violet, terminés en flamme par une double pointe, qui peuvent se développer à droite ou à gauche du support et qui sont chacun percés d'une ouverture garnie d'un verre violet.

La nuit, l'indicateur montre deux feux : l'un blanc, l'autre violet.

L'indicateur est automatiquement relié à l'aiguille.

La direction donnée par l'aiguille est celle du côté de laquelle, le jour, le bras est effacé, ou, la nuit, le feu blanc visible. Au contraire, la direction qui n'est pas donnée par l'aiguille est celle du côté de laquelle, le jour, le bras est déployé, ou, la nuit, le feu violet est visible.

Sémaphores. — Les sémaphores sont des poteaux verticaux, portant de part et d'autre des bras pivotant autour d'un axe commun et pouvant prendre la position horizontale, qui indique l'arrêt, inclinée à 45°, indiquant le ralentissement, et verticale, en se rabattant le long du poteau, pour indiquer que la voie est libre.

Le sémaphore est généralement destiné à maintenir entre les trains les intervalles nécessaires (Voir *Block system*).

Le bras qu'on voit à gauche, en regardant le sémaphore vers lequel le train se dirige, s'adresse seul à ce train. Ce bras est peint en rouge.

La nuit, le sémaphore commande : l'arrêt, par un feu donnant en même temps le vert et le rouge : le ralentissement, par le feu vert : le feu blanc indique que la voie est libre.

Le signal d'arrêt du sémaphore interdit la circulation au delà du poste ou de la station où le sémaphore est placé, sauf autorisation formelle d'avancer donnée par le chef de station ou par celui qui en fait fonction au poste ou à la station, et dans des conditions particulières indiquées au mécanicien.

Cloches d'annonce. — Il faut citer, au nombre des signaux fixes acoustiques, les sonneries dites *cloches d'annonce*, et le déclenchement automatique des sifflets des machines.

Les sonneries en usage sur le réseau à voie unique du Nord com-

portent, outre la colonne à sonnerie, un appareil d'induction produisant, par la manœuvre d'une manivelle, le déclenchement et la mise en branle d'un certain nombre de sonneries intermédiaires. Chaque tintement se compose de deux coups d'un timbre différent : une série de six tintements se rapporte à la circulation dans un sens, et deux séries, au sens opposé. Chaque train est ainsi annoncé, avant son départ d'une station, à la station suivante, dans le sens de sa marche ainsi qu'aux passages à niveau intermédiaires. Si un garde-barrière reçoit de deux côtés à la fois l'annonce d'un train, il se porte, le plus rapidement possible, au-devant du plus rapproché et pose des pétards sur la voie pour l'arrêter ; il agit ensuite de même à l'égard de l'autre train.

On emploie également des sonneries analogues, mais à courant continu.

Le déclenchement automatique du sifflet sur les machines est mis en usage par la Compagnie du Nord : à 50 mètres en avant de certains disques est installée, entre les rails de la voie, une surface métallique, dite *crocodile*, mise en contact électrique avec le disque et sur laquelle vient frotter, au passage des machines, une brosse métallique qui leur est fixée : si le disque est à l'arrêt, le mécanicien est averti par le passage direct du courant électrique qui déclenche le sifflet de sa machine.

La plupart des disques à distance de la grande ligne ont été munis de crocodiles, et la plupart des machines à voyageurs, de brosse et de sifflets.

§ 3. — Organisation des signaux fixes.

Interprétation des signaux fixes. — En principe, la couleur rouge signifie l'arrêt, mais certaines Compagnies font une distinction entre l'arrêt absolu et l'arrêt relatif : c'est-à-dire qu'un mécanicien qui aperçoit un signal tourné à l'arrêt doit, par tous les moyens mis à sa disposition, se rendre immédiatement maître de la vitesse du train qu'il dirige, de manière à pouvoir s'arrêter autant que possible avant le signal ; une fois maître de sa vitesse, si c'est un signal fixe à distance et non un disque d'arrêt absolu que le mécanicien a devant lui, il avance avec la plus grande prudence, de manière à se faire couvrir par le signal, sans compromettre la sécurité ; il ne doit jamais atteindre une aiguille ou traversée de voie protégée par le signal à l'arrêt.

Les règlements des Compagnies de Lyon et d'Orléans prescrivent l'arrêt en tous cas : le train ne doit se remettre en marche qu'après que le conducteur-chef est monté sur la machine ou qu'il a donné des instructions au mécanicien.

D'après la première interprétation, les signaux à distance qui sont

ronds et rouges, avec un seul feu rouge la nuit, peuvent être dépassés sans arrêt. Ceux qui commandent l'arrêt absolu et ne doivent être dépassés en aucun cas, lorsqu'ils sont à l'arrêt, sont généralement carrés avec un damier rouge et blanc ; la nuit, ces disques d'arrêt absolu sont éclairés par deux feux rouges.

D'ailleurs, on paraît admettre ce principe que, lorsqu'un poteau ou disque d'arrêt absolu est placé en pleine voie, il convient d'installer, à une distance de 800 mètres, un poteau indicateur indiquant au mécanicien l'existence d'un point d'arrêt éventuel sur la voie qu'il parcourt.

Bifurcations. — L'organisation des signaux de bifurcation adoptée par la Compagnie du Nord, par exemple, est la suivante : dans chacune des trois directions, un disque carré d'arrêt absolu avec pétard, normalement à l'arrêt, placé à 60 mètres de l'aiguille en pointe du croisement à couvrir ; un poteau indicateur vert, à 800 mètres du disque d'arrêt (à 900 mètres si la pente est égale ou supérieure à 4 millimètres par mètre) ; un disque rond, à une distance de 1.200 à 1.300 mètres (dans le même cas) du disque d'arrêt, pour couvrir les trains arrêtés devant le disque à pétard et dont la queue a dépassé le petit poteau-limite placé à 80 mètres en deçà de ce disque à distance ; enfin, un indicateur de direction à l'aiguille en pointe et deux petits poteaux placés, l'un au disque d'arrêt, l'autre à 100 mètres en avant. La distance qui sépare ces deux poteaux ne doit jamais être franchie en moins de douze secondes par les trains de voyageurs et vingt-quatre secondes par les trains de marchandises, ce qui correspond à des vitesses de 30 et 15 kilomètres à l'heure pour les bifurcations non enclenchées. Si les bifurcations sont enclenchées, on emploie les mêmes dispositions, mais le mécanicien peut franchir celles-ci à une vitesse qui ne dépassera pas 40 kilomètres à l'heure pour les trains de voyageurs et les trains mixtes et 20 kilomètres à l'heure pour les trains de marchandises-voyageurs. Chaque disque d'arrêt absolu se ferme de lui-même si l'on n'en maintient le levier ; par conséquent, on ne peut donner simultanément passage à deux trains ; de plus, le garde reçoit l'ordre de n'effacer le disque d'arrêt absolu que lorsque le train est à une distance de 100 à 150 mètres. Les ponts tournants sont traités comme les bifurcations.

Enclenchements. — La manœuvre des signaux est confiée, en général, à des agents choisis ; mais, dans le but de se mettre en garde contre les conséquences d'une erreur, d'une négligence ou même d'un acte de malveillance de leur part, on a installé divers systèmes, à l'aide desquels il est matériellement impossible à ces agents de manœuvrer les signaux dans des conditions autres que celles où la sécurité

se trouve garantie, en admettant, toutefois, que les signaux d'arrêt soient respectés par les mécaniciens. Les appareils qui réalisent des combinaisons de cette nature sont appelés *enclenchements ;* à cet effet, les leviers des aiguilles et des signaux sont reliés entre eux par des pièces mécaniques telles que l'on ne puisse les manœuvrer que dans un ordre déterminé, ou avec l'autorisation d'agents placés à distance et responsables des mesures de sécurité.

En principe, les enclenchements sont toujours réciproques, c'est-à-dire que, si le levier A, dans sa position normale, enclenche ou empêche de manœuvrer le levier B, il faut que le levier B, manœuvré ou renversé, enclenche ou empêche de ramener le levier A à sa position normale.

Cette condition de réciprocité est le point de départ de plusieurs systèmes actuellement en usage, dont les principaux sont : les appareils Vignier, les appareils Saxby et Farmer et les appareils Shnabel et Henning.

Appareils Vignier. — Les leviers d'aiguilles et de disques portent, dans le prolongement de la tige de transmission ou du fil, une tringle métallique ou un retour d'équerre, guidés et munis soit de trous, soit de verrous : lorsque le verrou dépendant du levier A pénètre dans l'œil pratiqué dans la tringle dépendant du levier B, ce dernier est enclenché ; inversement, si le verrou de A n'est plus en face de l'œil de B, on ne peut manœuvrer A sans avoir ramené B à sa position normale : l'enclenchement est donc réciproque.

On peut installer une combinaison de leviers réalisant ainsi tel nombre d'enclenchements que l'on voudra.

L'application la plus importante est celle qui consiste à enclencher le levier d'une aiguille, conduisant à une traversée des voies principales, avec le levier d'un disque qui protège ce point contre l'arrivée des trains, de telle manière que l'on ne puisse donner accès sur les voies principales, par l'aiguille en question, si le disque n'est pas mis au préalable à l'arrêt ; on peut encore enclencher entre eux les leviers de deux disques, de manière qu'on ne puisse les effacer simultanément. Il y a des multitudes de combinaisons de ce genre : il serait trop long de les énumérer.

Appareils Saxby et Farmer. — Ce système d'appareils, dont l'application est générale en Angleterre, et qui est employé en France par les Compagnies P.-L.-M., d'Orléans, de l'Est et du Nord, diffère du précédent ; l'enclenchement, au lieu d'être réalisé par des verrous, est obtenu par des grils tournant autour d'axes horizontaux et butant contre des taquets : la série des leviers dépendant d'un poste est rangée, d'un même côté, sur le plancher d'une guérite, généralement placée à 3 mètres au-dessus du sol, de manière que le garde puisse sur-

veiller les alentours. Chaque levier a une position normale et une position renversée; pour réaliser la condition de réciprocité, si A est enclenché sur sa position normale par B dans sa position normale, inversement A dans sa position renversée enclenche R dans sa position renversée, ce qui nécessite deux enclenchements par combinaison.

Au nombre des avantages incontestables de ce système, il faut citer le facile entretien des pièces, qui sont toutes semblables : l'économie du nombre des agents, parce que la manœuvre d'un grand nombre d'appareils est concentrée au même point ; l'extrême simplicité qui résulte pour les agents de la symétrie des leviers ; enfin, la possibilité de produire l'enclenchement dès que l'on appuie seulement sur la poignée à ressort qui termine le levier et l'impossibilité de déclencher avant que le levier que l'on renverse ait achevé complètement sa course. Mais le prix de ces appareils est assez élevé ; les seuls droits de brevet s'élèvent à 60 francs par levier, et, lorsque l'on en confie l'exécution aux inventeurs, le prix est d'environ 200 francs par levier, tandis que l'on compte un prix inférieur par verrou du système Vignier.

Appareils Schnabel et Henning. — C'est un système mixte qui participe des appareils Vignier par la disposition de la table d'enclenchement, fondée sur le même principe, quoique différant par ses détails, et des appareils Saxby par l'action des poignées à ressort des leviers, qui sont d'un mécanisme un peu plus compliqué que ceux des inventeurs anglais. Ces appareils sont surtout employés en Allemagne et ils sont agencés comme ceux de MM. Saxby et Farmer, de manière à pouvoir être combinés avec l'installation électrique de block system.

Appareils divers. — Nous citerons encore l'appareil hydrodynamique *Bianchi-Servettaz*, employé par les chemins de fer italiens et par les Compagnies de P.-L.-M. et d'Orléans [1].

Dans ce système, la pression hydraulique obtenue au moyen d'une pompe à bras et d'un accumulateur installés dans la cabine, est employée pour réaliser les enclenchements mécaniques. La pression hydraulique est transmise par de petits tuyaux à des cylindres munis de pistons fixés aux aiguilles et aux signaux. La transmission de la force est réglée par le fonctionnement de petits leviers de la table d'enclenchement. On peut ainsi actionner facilement les aiguilles et les signaux à quelque distance que ce soit de la cabine, l'effort à développer étant pour ainsi dire nul.

La particularité essentielle de ce système est la pression de retour vers le levier de manœuvre, qui permet de contrôler l'enclenchement et constitue un indicateur infaillible.

[1] *Revue générale des Chemins de fer*, avril 1889.

Des appareils d'enclenchement et de manœuvre par l'air comprimé, des aiguilles et des signaux sont dus à M. Westinghouse et ont reçu quelques applications aux Etats-Unis [1].

Les différents systèmes dont nous venons de parler exigent un levier par appareil à manœuvrer : il en résulte que, dans les gares importantes, le nombre de leviers devient considérable et, par suite, le nombre d'opérations à effectuer très élevé.

Plusieurs dispositions ont été étudiées dans le but de simplifier ces opérations. Nous citerons, dans cet ordre d'idées, les appareils installés dernièrement à la gare de *Waterloo*, à Londres, sur le *London and South Western Railway*. Dans cette disposition, un seul levier remplit les fonctions qui sont généralement réparties entre plusieurs dans les systèmes adverses. Ainsi un seul levier peut enclencher les aiguilles, actionner les deux signaux d'arrêt et, en même temps, contrôler l'action de la tringle de manœuvre des aiguilles et des verrous. Parfois, un seul levier est employé pour actionner une paire d'aiguilles et deux signaux. Dans tous les cas, on économise la moitié environ des leviers [2].

Nous citerons enfin l'*appareil Wharmby*, qui remplit le même but et est employé en Angleterre sur le *Manchester, Sheffield and Lincolnshire Railway*.

Transmissions rigides, verrous de sûreté, pédales de calage. — Il est bon de signaler, en terminant, la nécessité où l'on est, dans la plupart de ces systèmes, de faire manœuvrer certaines aiguilles à distance, ou plusieurs aiguilles, d'un même coup de levier, à l'aide de tringles de transmission rigides, portant de place en place des balanciers de compensation, pour tenir compte de la dilatation. Le prix de ces transmissions est d'environ 13 francs le mètre courant, y compris tous les accessoires.

Pour ces aiguilles manœuvrées à distance et que l'on ne peut pas toujours surveiller de près, il a été imaginé une série de dispositions réalisant soit le contrôle de la position des lames, soit le calage effectif de ces lames.

Les contrôleurs (système Lartigue, système de l'Ouest) se composent d'une sonnerie qui tinte dès qu'aucune des lames n'est en contact ; quant aux verrous de sûreté, ils sont disposés de manière à caler les lames dans l'une ou l'autre des positions de l'aiguille, et l'on ne peut effacer les signaux pour laisser aborder l'aiguille que si le verrou est lancé (système Saxby, système Henning, etc.).

1 *Revue générale des Chemins de fer*, avril 1889.

2 On trouvera une description de ces appareils dans les *Proceedings of the Inst. of Civil Engineers*, vol. CXI, 1892-1893, part. 1.

Serrures. — Lorsque, par suite du peu d'importance des manœuvres à effectuer, l'installation d'un poste de concentration n'est pas justifiée, on emploie des *serrures électriques* pour l'enclenchement réciproque à distance des aiguilles et des disques, toutes les fois que ces aiguilles sont isolées et sont situées à une distance *relativement grande* du point où se trouvent les leviers de disques. Tout en augmentant la sécurité, la transmission électrique évite aux agents la fatigue que leur occasionneraient les parcours répétés entre les leviers des aiguilles et ceux des disques [1].

Lorsque les appareils à manœuvrer sont situés à proximité les uns des autres, ou lorsque ces appareils sont manœuvrés trop peu souvent pour exiger une installation coûteuse, comme c'est le cas dans une petite gare où le service est peu important, ou dans une grande gare — Chantilly, par exemple — où le service important n'est pas fréquent, on emploie les *serrures Bouré*, dont le prix de revient est minime.

Les serrures Bouré remplacent le cadenassage des aiguilles : avec elles, pour donner la clef d'une aiguille, l'agent chargé de la manœuvre des signaux est matériellement obligé de mettre préalablement à l'arrêt tous les signaux utiles ; il est matériellement impossible d'effacer les signaux tant que la clef n'est pas rapportée au poste de manœuvre ; il est matériellement impossible de rapporter cette clef avant d'avoir replacé l'aiguille ou le taquet dans sa position normale et de l'avoir assujetti dans cette position [2].

Appareils du « Block system ». — Le *Block system* a pour but de maintenir entre les trains qui se suivent sur une même voie un intervalle de distance dont la garantie est plus efficace que l'intervalle de temps. A cet effet, la ligne est partagée en sections sur lesquelles il ne peut jamais y avoir à la fois deux trains de même sens. Les appareils qui servent à réaliser le block system sur les chemins de fer peuvent être rapportés à deux types :

Le principe commun aux appareils Cooke, Clarke, Preece, Regnault primitif, Tyer, appartenant au premier groupe, est que les signaux électriques donnés par ces appareils ne sont pas solidaires des signaux à vue ; les gardes postés aux extrémités des sections doivent répéter aux mécaniciens les indications fournies par ces appareils, ce qui exige des agents spéciaux aux postes sémaphoriques.

[1] Voir la description des serrures électriques dans la *Notice sur les objets exposés par la Compagnie du Nord en* 1900 (*Revue des Chemins de fer*, juillet 1900).

[2] *Note sur le système d'enclenchement par serrures Bouré*, par M. L. Janet (*Annales des Mines*, t. XV, 1899).

Les appareils du deuxième groupe sont les électro-sémaphores de MM. Siemens et Halske et ceux de M. Lartigue, les appareils Regnault modifiés, ceux de P.-L.-M., ceux de Sykes, de Spagnoletti, enfin les appareils du *Block and interlocking system* de Saxby et Farmer et ceux de Schnabel et Henning : ces appareils sont, au contraire, caractérisés par la solidarité des signaux électriques et des signaux à vue. Les premiers, et surtout les seconds, n'exigent pas, pour leur manœuvre, d'agents spéciaux.

Dans tous les cas, aux extrémités de chacune des sections dont se compose la ligne de block, sont installés des postes mis en correspondance à l'aide de l'électricité et chargés de s'annoncer réciproquement l'entrée des trains dans la section et leur sortie. Dans les appareils du deuxième groupe, un poste ne peut débloquer une section que lorsque le train est réellement sorti de cette section : les appareils Siemens réalisent la simultanéité du blocage en avant et du déblocage en arrière.

Dans les appareils Lartigue, les signaux à vue sont non seulement solidarisés avec les signaux électriques, mais ils font corps avec eux, et l'action de l'électricité intervient pour produire un simple déclenchement et non un effort ; la manœuvre du blocage en avant et du déblocage en arrière n'est pas simultanée, ce qui est un avantage, lorsque ces appareils sont placés dans des stations où des trains peuvent avoir à se garer pour être dépassés par des trains à marche plus rapide.

Mais, cependant, en pleine voie, les appareils peuvent être rendus solidaires l'un de l'autre : le garde d'un poste ne peut débloquer la section en arrière avant d'avoir préalablement bloqué la section en avant, lorsqu'un train passe devant son poste.

De plus, le disque à distance est enclenché avec le sémaphore au moyen d'une serrure électrique reliée au levier du disque, de telle sorte que la grande aile ne peut être mise à l'arrêt sans que le disque à distance qui la couvre n'ait été préalablement fermé.

La Compagnie P.-L.-M. poursuit, sur la ligne de Laroche à Cravant l'essai du block automatique Hall, dont tous les signaux sont actionnés électriquement par les trains eux-mêmes, ce qui supprime les agents bloqueurs.

Prix de revient. — Les prix de revient de ces divers appareils sont les suivants :

Appareil Tyer.	Un poste extrême.....	500	francs
—	Un poste intermédiaire	900	—
Appareil Regnault.	Un poste extrême.....	530	—
—	Un poste intermédiaire.....	940	—

Avec des espacements de 3 à 4 kilomètres entre les postes, le prix d'établissement par kilomètre (fil compris) sont les suivants :

Appareils Tyer et Reynault	600 à 700 francs
— *Siemens*	1.000 à 1.200 —
— *Lartigue*, poste extrême	1.600 —
— — poste intermédiaire	2.500 —
Fils de ligne, par kilomètre	200 —
Pour un espacement moyen de $2^{km}.5$, prix total par kilomètre	1.500 —
Dépense d'entretien et d'éclairage, environ	40 à 50 —

A la Compagnie du Nord, en 1900, il existait environ 19.700 appareils enclenchés, sur 21.500 susceptibles de l'être. Les cabines de postes de concentration ont coûté environ 11.500.000 francs, et les enclenchements mobiles 700.000 francs, soit, au total, 12.200.000 francs représentant une dépense de 3.400 francs par kilomètre, soit moins de 1 0/0 du prix de revient kilométrique moyen de la construction de tout le réseau, à double et à triple voie [1].

§ 4. — Statistiques des accidents.

D'après une étude de M. Sartiaux [2], on trouve qu'en France du temps des messageries, il y avait :

1 voyageur tué sur	335.000	transportés
1 — blessé sur	50.000	—

tandis que, sur les 1.781.403.687 voyageurs transportés par les chemins de fer français, du 7 septembre 1835 au 31 décembre 1875, il y a eu seulement :

1 voyageur tué sur	5.178.490	transportés
1 — blessé sur	580.450	—

Actuellement d'après la statistique des années 1901 à 1904, la proportion n'est plus que de :

1 voyageur tué sur	27.000.000	transportés
1 — blessé sur	1.300.000	—

[1] *Notice sur les appareils exposés par la Compagnie du Nord en* 1900 Paris, Dunod et Pinat.

[2] *Annales des Ponts et Chaussées*, septembre 1877.

On peut conclure de ces chiffres que la sécurité est beaucoup plus grande sur les voies ferrées que sur les routes, par les anciens moyens de transport, et que le nombre des accidents va en diminuant, grâce aux précautions multiples que prennent les Compagnies pour garantir la sécurité.

On peut classer les causes des accidents en trois groupes :

1° Accidents dus à l'état de la voie ;
2° — au matériel roulant ;
3° — à l'inobservation des règlements ou à la négligence des agents.

Ce n'est que par une surveillance incessante que l'on peut combattre les causes du premier groupe : des gardes-lignes parcourent sans cesse la voie, vérifient l'état des rails, la solidité des talus et des voûtes, surtout après les pluies.

Une visite constante du matériel roulant, l'attention vigilante des agents réceptionnaires qui représentent les Compagnies dans les usines où il est fabriqué, peuvent prévenir beaucoup d'accidents du deuxième groupe.

Les causes du troisième groupe sont uniquement imputables à l'exploitation : un bon choix du personnel, l'installation de signaux distribués d'après un système uniforme et logique, sont de nature à diminuer les accidents éprouvés par les trains.

Les accidents de trains peuvent se diviser en deux classes :

1° Déraillements ;
2° Collisions.

Sur 12 déraillements, on compte en moyenne :

8 déraillements de trains de marchandises ;
1 — — de voyageurs ;
3 — dans les manœuvres de gare.

Sur 6 déraillements, 5 ont lieu dans les stations, un seul en pleine voie.

Sur 20 déraillements :

2 sont imputables à l'état de la voie ;
7 — au matériel roulant ;
9 — a l'exploitation ;
2 — à une cause inconnue.

Sur 8 déraillements, il s'en produit en moyenne :

3 en automne ;
2 au printemps ;
2 en hiver ;
1 en été.

Les collisions sont la plupart du temps imputables à l'inobservation des règlements et des signaux.

Quant aux accidents isolés éprouvés par les agents des Compagnies dans l'accomplissement de leur service, ils sont dus le plus souvent à leur imprudence, malgré l'existence des règlements les plus formels, et l'on doit malheureusement constater que le nombre de ces accidents va toujours en croissant.

CHAPITRE XXII

TARIFICATION

§ 1. — Objet et bases de l'exploitation commerciale.

Objet. — L'exploitation commerciale d'une ligne de chemins de fer comprend l'ensemble des opérations qui ont pour but de développer le plus possible sur cette ligne les transports de voyageurs et de marchandises en faisant produire à ces transports un bénéfice suffisant.

Parmi les opérations de l'exploitation commerciale, l'une des plus délicates est la fixation des tarifs ou prix de transports.

Systèmes d'exploitation. — L'exploitation commerciale d'un chemin de fer peut être organisée d'après l'un ou l'autre des trois systèmes suivants :

1° Les prix des transports résultent de l'offre et de la demande et sont abandonnés à la concurrence ;

2° Ces prix sont limités d'après une réglementation en rapport avec les charges imposées aux concessionnaires ;

3° L'Etat exploite le chemin de fer comme tout autre service public : postes, télégraphes, etc.

Le premier système, qui a été pratiqué en Angleterre et en Amérique, a été désastreux pour les Compagnies et pour le public ; on y a renoncé.

Le troisième système est celui de l'Allemagne et de la Hongrie et d'une grande partie des lignes belges, hollandaises, suisses, danoises, russes, suédoises, autrichiennes.

Le deuxième est le régime normal de la France, où l'Etat, quoique ayant un réseau spécial qu'il exploite lui-même, a concédé la généralité des chemins de fer à des Compagnies sur lesquelles il exerce une action d'autant plus directe qu'il garantit une partie de leurs recettes, et qu'il est intéressé, par suite, à leur bonne gestion.

Bases d'établissement des tarifs. — C'est ainsi qu'en France, pour indemniser les Compagnies de chemins de fer des dépenses qui leur sont imposées par le cahier des charges, l'Etat les autorise à percevoir certaines taxes du public qui a recours à leurs services.

Les taxes fixées par les cahiers des charges se composent de deux parties :

Un droit de péage, destiné à rémunérer le capital consacré à la construction des lignes, et qui représente environ les deux tiers de la taxe :

Un prix de transport, qu'on suppose représenter le remboursement des frais réels que supportent les Compagnies soit pour l'entretien de la ligne, soit pour couvrir ce transport, et qui n'est que le tiers environ de la taxe.

Cette distinction, qui est toute théorique et n'existe pas en pratique, a été faite dès le début des chemins de fer, en vue des cas où le service des transports aurait été confié à plusieurs Compagnies empruntant une même voie : la Compagnie ayant établi cette voie n'aurait eu droit qu'au péage pour les transports qu'elle n'aurait pas effectués elle-même. En réalité, les exigences de la sécurité n'ont pas permis d'organiser le service dans ces conditions, si ce n'est sur des faibles parcours ou sur des embranchements pour lesquels il existe une entente spéciale entre les Compagnies.

§ 2. — Classification des tarifs.

Tarif légal. — Le maximum des taxes autorisées constitue le *tarif légal*, *tarif maximum* ou *tarif du cahier des charges*.

Les Compagnies de chemins de fer, usant du droit que leur confère le cahier des charges, d'après lequel elles peuvent « abaisser leurs taxes, avec ou sans conditions, au-dessous des limites légales, soit pour le parcours total, soit pour le parcours partiel de la voie ferrée », s'écartent le plus souvent de ce maximum, elles appliquent deux sortes de tarifs : les *tarifs généraux* et les *tarifs spéciaux*.

Tarifs généraux. — Les *tarifs généraux* confèrent à la marchandise qui les paie tous les droits, toutes les garanties, toutes les conditions qui résultent du cahier des charges et du droit commun ; ils sont applicables toutes les fois que l'expéditeur ne demande pas l'application d'un autre tarif.

Tarifs spéciaux. — Les tarifs spéciaux comportent des prix plus réduits que ceux des tarifs généraux ; les Compagnies les offrent au public en demandant à celui-ci d'accepter en échange certaines conditions de tonnage, de délai, de rapidité, de garantie, qui sont plus avantageuses pour elles. Ils constituent une convention particulière entre la Compagnie et l'expéditeur.

§ 3. — Différentes formes de tarifs.

Au point de vue de leur forme, les tarifs peuvent être distingués en *tarifs à la distance*, *tarifs à prix ferme*, *tarifs de gare à gare*.

Les tarifs à la distance se subdivisent en *tarifs proportionnels* et *tarifs différentiels*.

Tarifs proportionnels. — Ils sont établis en admettant que les dépenses de toute nature afférentes aux transports (déduction faite d'une constante pour frais de gare) sont proportionnelles aux distances parcourues. Or il a été reconnu que cette hypothèse est inexacte et que son application stricte n'est pas favorable au commerce. En effet, la dépense kilométrique concernant un transport donné décroît à mesure que la distance parcourue augmente : car les frais généraux se répartissent sur une somme plus forte, il y a une meilleure utilisation du matériel, etc. Les tarifs proportionnels sont contraires à ce principe commercial d'après lequel les prix du gros doivent être relativement moindres que les prix du détail. Au point de vue du développement du trafic, comme il importe de multiplier les transports, il est nécessaire de favoriser ceux qui parcourent les plus grandes distances et de faire croître les prix de moins en moins rapidement à mesure que la distance augmente.

Tarifs différentiels. — Les tarifs différentiels les plus simples sont ceux dans lesquels le prix par kilomètre s'abaisse à mesure que la distance parcourue augmente.

Si l'abaissement est continu, il faut calculer la taxe point par point, ou kilomètre par kilomètre, si on prend le kilomètre pour unité, ce qui exige l'emploi de barèmes énormes ou de formules compliquées.

Si l'abaissement est discontinu, un autre inconvénient se présente. On peut concevoir, par exemple, un tarif tel que, de 0 à 200 kilomètres, la taxe du transport soit n centimes par tonne et par kilomètre ; que, de 201 à 400 kilomètres, elle soit de $(n - 1)$ centimes ; que, de 401 à 600 kilomètres, elle soit de $(n - 2)$ centimes ; ainsi de suite. En appliquant ces taxes, on voit que le prix du transport est plus faible pour 201 kilomètres que pour 200, pour 401 kilomètres que pour 400, etc., ce qui n'est pas admissible.

On corrige cette anomalie en établissant des *paliers*, c'est-à-dire des intervalles pour lesquels l'augmentation de prix est interrompue. D'après les données précédentes, on adopterait, par exemple, le prix de transport $(n - 1) \times 201$ kilomètres toutes les fois que ce prix serait inférieur à celui résultant du produit de la taxe n par la distance de 0 à 200 kilomètres.

On adopterait $(n - 2) \times 401$ kilomètres lorsque ce produit serait

inférieur à celui de $(n - 1)$ par la distance de 200 à 400 kilomètres ; ainsi de suite.

Tarifs à bases variables. — Dans ces tarifs, connus également sous le nom de *tarifs belges*, parce qu'ils ont été appliqués tout d'abord en Belgique, le prix par kilomètre s'abaisse progressivement, mais seulement pour les distances partant du point où commence l'abaissement. C'est ainsi que l'on peut supposer une taxe de n centimes par tonne et par kilomètre de 0 à 100 kilomètres, $(n - 1)$ pour les distances comprises entre 101 et 200, $(n - 2)$ pour les distances comprises entre 201 et 300, de sorte que, si D est la distance considérée, les prix de transport seront :

De 0 à 100.... $(n \times D)$;
De 0 à 200.... $(n \times 100) + (n - 1) \times (D - 100)$;
De 0 à 300.... $(n \times 100) + (n - 1) \times 100 + (n - 2) \times (D - 200)$;
Etc.

En France, c'est d'après des tarifs à bases décroissantes que sont taxés les transports des marchandises ; pour les voyageurs, au contraire, la taxe est proportionnelle au parcours. (Voir pages 234 et suiv.)

Tarif par zones. — Au lieu de prendre le kilomètre pour unité dans l'application des taxes, on peut choisir des groupes de plusieurs kilomètres ou de plusieurs gares formant chacun une zone et on peut établir un prix unique pour toutes les localités comprises dans la même zone.

Ce système simplifie les barèmes, mais on lui reproche de créer des inégalités choquantes entre les points voisins de la limite de deux zones et situés chacun dans l'une de ces zones.

Tarif postal. — On désigne ainsi, par assimilation avec les tarifs uniformes adoptés pour le transport des lettres, les tarifs qui ne tiennent pas compte des distances ; tels sont, par exemple, les tarifs appliqués au transport des articles de messagerie désignés sous le nom de *colis postaux*. Dans quelques ouvrages, on désigne sous le nom de tarif *penny-porto* un tarif d'après lequel, pour un même pays ou pour un même réseau, il existe trois taxes, une pour les petites distances, une pour les moyennes, une pour les grandes. C'est un tarif postal comportant trois prix, au lieu d'un prix unique.

Tarif à prix ferme. — Il existe des tarifs qui indiquent pour certaines marchandises des prix fixés en bloc de telle gare à telle gare, suivant les circonstances locales ; c'est ce qu'on appelle les tarifs à prix ferme.

Les prix fermes sont quelquefois appliqués dans les deux sens ; ils sont dits *réciproques ;* d'autres fois, ils ne jouent que dans un sens, lorsqu'ils ont pour but, par exemple, de favoriser l'exportation de certains produits.

§ 4. — Différentes applications des tarifs.

Tarifs intérieurs. — Les tarifs intérieurs sont ceux dont l'application est limitée à l'étendue d'un seul réseau.

Tarifs communs. — Les tarifs communs sont ceux qui ont été combinés entre deux ou plusieurs Compagnies, françaises ou étrangères (on les dit, dans ce cas, internationaux), pour être appliqués dans toute l'étendue de leurs réseaux.

Tarifs de transit. — Ce sont ceux qui ont pour but d'attirer sur les lignes d'un réseau les marchandises étrangères à destination de l'étranger.

On sait que, en général, les tarifs sont établis en raison de la provenance et de la destination des marchandises. Dans le but de faire passer par la France des expéditions qui pourraient se faire par la Belgique, l'Allemagne, la Suisse ou la voie maritime, les Compagnies ont abaissé leurs taxes de transport pour les marchandises provenant de l'étranger et destinées à la réexpédition ; elles ont ainsi donné naissance aux tarifs de transit.

On a attaqué ces tarifs comme constituant, au profit d'expéditeurs étrangers, des avantages dont ne jouissent pas les expéditeurs français. Ce reproche n'est pas fondé, car les tarifs de transit, en attirant sur nos voies de fer des transports qui eussent pris une autre direction, ne nuisent en rien aux commerçants français ; ces tarifs, au contraire, procurent indirectement au pays des bénéfices sérieux qui profitent directement aux Compagnies de chemins de fer, aux maisons de banque et de commission, et enfin à notre marine marchande.

Tarifs d'exportation. — A côté des tarifs de transit existent les tarifs d'exportation, dans lesquels les prix de transport sont abaissés pour les produits que les commerçants français expédient à l'étranger.

Le décret du 26 avril 1862 a affranchi les tarifs de *transit* et d'*exportation* des prescriptions relatives à l'annonce et à l'affichage préalables des abaissements ou des relèvements des tarifs ordinaires.

Tarifs de pénétration. — On a donné ce nom aux tarifs internationaux qui favorisent l'introduction de marchandises venant de l'étranger. Ils ont donné lieu à de nombreuses controverses [1].

[1] Voir le discours prononcé par M. Allain-Targé, le 16 février 1880, devant la Chambre des députés, et *la Tarification sur les Chemins de fer et les tarifs de pénétration*, par M. G. Noblemaire (*Revue des Deux Mondes*, 1er novembre 1890).

§ 5. — Tarifs en usage.

Tarifs des voyageurs. — En France, les cahiers des charges des grandes Compagnies fixent ainsi qu'il suit, à l'article 42, les taxes concernant le transport des voyageurs :

VOYAGEURS PAR TÊTE ET PAR KILOMÈTRE	PRIX		
	de péage	de transport	Totaux
	francs	francs	francs
Voitures couvertes, garnies et fermées à glace (1re classe)	0,067	0,033	0,10
Voitures couvertes, fermées à glace, à banquettes rembourrées (2e classe)	0,050	0,025	0,075
Voitures couvertes et fermées à vitres (3e classe)	0,037	0,018	0,055

Enfants. — Au-dessous de 3 ans, les enfants ne paient rien, à la condition d'être portés sur les genoux des personnes qui les accompagnent.

De 3 à 7 ans, ils paient demi-place et ont droit à une place distincte ; toutefois, dans un même compartiment, deux enfants ne pourront occuper que la place d'un voyageur.

Au-dessus de 7 ans, ils payent place entière.

Mais, en réalité, ces taxes ne sont pas celles qui sont perçues du public, à cause des impôts dont elles sont majorées et que les Compagnies perçoivent pour le compte de l'Etat.

Un premier impôt, égal au dixième de la taxe, avec double décime, fut établi en 1855 (loi du 1er juillet) ; à la suite de la guerre de 1870, un second impôt, s'élevant au dixième du prix précédemment perçu, fut ajouté au premier (loi du 16 septembre 1871), de sorte que, si P représente le prix payé par le voyageur, et T la taxe prévue par le cahier des charges, on a :

$$P = \left(1 + \frac{1}{10} + \frac{2}{100}\right)\left(1 + \frac{1}{10}\right) T$$

$$P = 1{,}232T.$$

L'application de cette formule donnait les chiffres suivants :

Transport des voyageurs		PRIX PAR TÊTE ET PAR KILOMÈTRE		
		Revenant à la Cie	Revenant à l'État	Total
Voyageurs....	1re classe...	0f,10	0f,0232	0f,1232
	2e classe...	0 ,075	0 ,0174	0 ,0924
	3e classe...	0 ,055	0 ,01276	0 ,06776

Mais, par suite du dégrèvement résultant de la loi de finances du 26 janvier 1892, qui supprimait l'impôt de guerre de 1871, et des concessions consenties par les Compagnies [1], les tarifs ont subi, depuis le 1er avril 1892, des réductions totales qui les ramènent aux prix suivants :

Transport des voyageurs		PRIX PAR TÊTE ET PAR KILOMÈTRE		
		Revenant à la Cie	Revenant à l'Etat	Total
Voyageurs....	1re classe...	0f,10	0f,012	0f,112
	2e classe...	0 ,0675	0 ,0081	0 ,0756
	3e classe...	0 ,044	0 ,00528	0 ,04928

Ce tarif, à base kilométrique, est un *tarif proportionnel*.

Taxe moyenne. — Par suite de la création des billets d'excursion, billets de famille, des aller et retour, trains de plaisir, trains d'ouvriers, des cartes d'abonnement, des réductions accordées aux instituteurs, aux militaires, aux indigents, la taxe moyenne par voyageur, qui était de 0,0591 en 1855, s'était abaissée, en 1889, à 0,045. La réforme des tarifs de 1892 l'a abaissée encore à 0,039.

[1] Ces concessions ont consisté à faire subir les réductions suivantes à la partie de la taxe qui revient aux Compagnies d'après le cahier des charges :

Pour les voyageurs par billets simples :

En 1re classe.....	0
2e —	10 0/0
3e —	20 0/0

Pour les voyageurs par billets d'aller et retour :

En 1re classe.....	25 0/0
2e —	28 0/0
3e —	36 0/0

Les billets à demi-place ont été réduits dans la même proportion que les billets simples.

Pour les transports autres que ceux des voyageurs, les Compagnies ont réalisé, en sus de la suppression des impôts, des réductions allant de 20 à 63 0/0.

Cette réforme a produit les résultats immédiats qu'on en attendait : le nombre des voyageurs sur l'ensemble des six grands réseaux est passé de 221 millions en 1891 à 279 millions en 1893 ; et les recettes brutes, impôt non compris, ont augmenté de 3,8 0/0.

Tarifs des marchandises. — Il faut considérer les marchandises transportées en *grande vitesse* et celles transportées en *petite vitesse*.

Tarifs de grande vitesse. — Les marchandises expédiées en grande vitesse sont désignées sous le nom de *messageries ;* elles sont transportées par les trains de voyageurs ou par des trains spéciaux de même vitesse : elles doivent être expédiées aussitôt après leur remise et livrées dès leur arrivée.

Les cahiers des charges comportent pour les messageries un tarif uniforme qui est le suivant :

MARCHANDISES TRANSPORTÉES EN GRANDE VITESSE	PRIX PAR TONNE ET PAR KILOMÈTRE		
	Péage	Transport	Total
	franc	franc	franc
Huitres, poissons frais, denrées, excédents de bagages et marchandises de toutes classes transportées à la vitesse des trains de voyageurs.....	0,20	0,16	0,36

Avant l'abaissement des tarifs de 1892, le prix de transport de 100 kilogrammes de marchandises en grande vitesse correspondait à peu près au prix d'une place de 3e classe. Ces transports étaient frappés du même impôt que les transports de voyageurs, soit 0.232 par franc, comme il a été dit ci-dessus.

La loi du 26 janvier 1892 a supprimé totalement l'impôt pour les transports de marchandises en grande vitesse. Les Compagnies et le réseau de l'Etat ont abaissé parallèlement leurs tarifs, qui étaient différents d'un réseau à l'autre, et ont adopté un tarif unique dont nous reproduisons ci-après les principales données ; on remarquera que ce tarif est établi sur le type des *tarifs différentiels*.

§ 1. — ARTICLES DE MESSAGERIE ET MARCHANDISES A GRANDE VITESSE

1° Expéditions d'un poids ne dépassant pas 40 kilogrammes.

Jusqu'à 200 kilomètres					0f,35	Par tonne et par kilomètre, y compris les frais de chargement et de décharge ment.
Pour chaque kilomètre en excédent au delà de :	200	jusqu'à	300	kilomètres.	0 ,32	
	300	—	400	—	0 ,31	
	400	—	800	—	0 ,30	
	800	—	1.000	—	0 ,28	
	1.000				0 ,25	

En aucun cas, la taxe ne pourra être supérieure à celle d'une expédition pesant plus de 40 kilogrammes.

2° Expéditions d'un poids supérieur à 40 kilogrammes.

Jusqu'à 100 kilomètres					0f,32	Par tonne et par kilomètre, plus **1** fr. **50** par tonne pour frais de chargement et de déchargement.
Pour chaque kilomètre en excédent au delà de :	100	jusqu'à	300	kilomètres.	0 ,30	
	300	—	500	—	0 ,28	
	500	—	600	—	0 ,26	
	600	—	700	—	0 ,24	
	700	—	800	—	0 ,22	
	800	—	900	—	0 ,20	
	900	—	1.000	—	0 ,18	
	1.000	—	1.100	—	0 ,16	
	1.100				0 ,14	

§ 2. — DENRÉES

1° Expéditions d'un poids ne dépassant pas 40 kilogrammes.

Prix fixés au paragraphe 1er pour les articles de messagerie et marchandises d'un poids équivalent, **sans que la taxe puisse être supérieure à celle d'une expédition de plus de 40 kilogrammes.**

2° Expéditions de plus de 40 kilogrammes.

Jusqu'à 100 kilomètres					0f,24	Par tonne et par kilomètre, plus **1** fr. **50** par tonne pour frais de chargement et de déchargement.
Pour chaque kilomètre en excédent au delà de :	100	jusqu'à	300	kilomètres.	0 ,225	
	300	—	500	—	0 ,21	
	500	—	600	—	0 ,195	
	600	—	700	—	0 ,18	
	700	—	800	—	0 ,165	
	800	—	900	—	0 ,15	
	900	—	1.000	—	0 ,135	
	1.000	—	1.100	—	0 ,12	
	1.100				0 ,105	

Les prix de ce tarif ont été adoptés par les chemins de fer de l'Est, de l'État, du Midi, du Nord, d'Orléans, de l'Ouest, de Paris à Lyon et

à la Méditerranée, de Grande-Ceinture et de Petite-Ceinture : ils sont applicables d'une gare quelconque de ces réseaux à une gare quelconque des mêmes réseaux.

Tarifs de petite vitesse.

MARCHANDISES TRANSPORTÉES EN PETITE VITESSE	PRIX PAR TONNE ET PAR KILOMÈTRE		
	Péage	Transport	Total
	francs	francs	francs
1re *classe*. — Spiritueux. — Huiles. — Bois de menuiserie, de teinture et autres bois exotiques. — Produits chimiques non dénommés. — Œufs. — Viande fraîche. — Gibier. — Sucre. — Café. — Drogues. — Épicerie. — Tissus. — Denrées coloniales. — Objets manufacturés. — Armes.....	0,09	0,07	0,16
2e *classe*. — Blés. — Grains. — Farines. — Légumes farineux. — Riz, maïs, châtaignes et autres denrées alimentaires non dénommées. — Chaux et plâtre. — Charbon de bois. — Bois à brûler dit de corde. — Perches. — Chevrons. — Planches. — Bois de charpente. — Marbre en bloc. — Albâtre. — Bitumes. — Cotons. — Laines. — Vins. — Vinaigres. — Boissons. — Bières. — Levure sèche. — Coke. — Fers. — Cuivre. — Plombs et autres métaux ouvrés ou non. — Fontes moulées..	0,08	0,06	0,14
3e *classe*. — Pierres de taille et produits de carrières, minerais autres que le minerai de fer, fonte brute, sel, moellons, meulières, argile, briques, ardoises.....	0,06	0,04	0,10
4e *classe*. — Houilles, marne, cendres, fumiers, engrais, pierres à chaux et à plâtre, pavés et matériaux pour la construction et la réparation des routes, minerais de fer, cailloux et sable. — Pour les parcours de 0 à 100 kilomètres, sans que la taxe puisse être supérieure à 5 fr...	0,05	0,03	0,08
Pour les parcours de 101 à 300 kilomètres, sans que la taxe puisse être supérieure à 12 fr.....	0,03	0,02	0,05
Au delà de 300 kilomètres.....	0,025	0,015	0,04

Les cahiers des charges des Compagnies françaises répartissent les marchandises de petite vitesse en quatre classes, comme l'indique le tableau ci-dessus.

La 4e classe n'existait pas au début : elle a été introduite en 1863. On remarquera qu'elle est taxée d'après un *tarif différentiel*, car le prix kilométrique varie suivant le nombre de kilomètres parcouru. Les trois premières classes sont taxées d'après le tarif kilométrique ou proportionnel.

Tarif général. — C'est de cette classification que sont parties les Compagnies françaises, dès 1879, pour répartir, suivant leur nature, leur densité ou leur valeur, toutes les marchandises transportables, en six séries dont les bases kilométriques initiales varient de 16 à 8 centimes par tonne, pour décroître à mesure que le parcours augmente. C'est cette classification qui constitue le *tarif général*. Elle s'applique à environ 10 0/0 du tonnage total de petite vitesse. Les prix de transport du tarif général sont établis par tonne et sur des bases kilométriques qui varient pour les six séries et vont en décroissant pour chacune d'elles. Ainsi que le montre le tableau ci-dessous, les bases kilométriques de la 1re série varient de 16 centimes à 8 centimes : celles de la 2e série varient de 14 centimes à 6 centimes, etc.

DISTANCES à parcourir	BASES KILOMÉTRIQUES						
	1re série	2e série	3e série	4e série	5e série	6e série	
km.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
Jusqu'à 25	» 16	» 14	» 12	» 10	» 08	» 08	Par tonne et par kilomètre.
26 à 30	» 16	» 14	» 12	» 10	» 08	» 04	
31 à 50	» 16	» 14	» 12	» 10	» 08	» 04	
51 à 100	» 16	» 14	» 12	» 10	» 08	» 04	
101 à 150	» 15	» 13	» 11	» 09	» 08	» 035	
151 à 200	» 15	» 13	» 11	» 09	» 07	» 035	
201 à 300	» 15	» 13	» 11	» 09	» 04	» 035	
301 à 400	» 14	» 12	» 10	» 08	» 04	» 03	Pour chaque kilomètre en sus.
401 à 500	» 14	» 12	» 10	» 08	» 04	» 03	
501 à 600	» 13	» 11	» 09	» 07	» 04	» 03	
601 à 700	» 12	» 10	» 08	» 06	» 04	» 025	
701 à 800	» 11	» 09	» 07	» 05	» 04	» 025	
801 à 900	» 10	» 08	» 06	» 04	» 04	» 025	
901 à 1.000	» 09	» 07	» 05	» 04	» 04	» 02	
1.000 à 1.100	» 08	» 06	» 05	» 04	» 04	» 02	

Tarifs spéciaux. — La plus grande partie du tonnage de petite vitesse, soit 90 0/0, est régie par les *tarifs spéciaux*, dont les prix, ainsi que nous l'avons déjà dit, sont inférieurs à ceux du tarif général.

Ces tarifs sont constitués tantôt par des barèmes analogues à ceux du tarif général, tantôt par des prix fermes. Chaque tarif spécial concerne des marchandises de même nature ; voici la série des principaux tarifs spéciaux :

1. Animaux vivants ; — 2. Céréales ; — 3. Denrées ; — 4. Sel ; — 5. Sucre ; — 6. Boissons ; — 7. Combustibles minéraux ; — 8. Combustibles végétaux ; — 9. Bois de construction ; — 10. Chaux, ciment, plâtre ; — 11. Pierres ; — 12. Briques, verres ; — 13. Minerais ; — 14. Produits métallurgiques ; — 15. Matières résineuses, bitumineuses ; — 16. Corps gras ; — 17. Matières tinctoriales ; — 18. Produits chimiques ; — 19. Papiers ; — 20. Textiles et tissus ; — 21. Produits céramiques, verreries ; — 22. Amendements, engrais ; — 23. Fourrages ; — 24. Objets manufacturés ; etc., etc.

Homologation des tarifs. — D'après leur cahier des charges (art. 48), les Compagnies peuvent abaisser leurs taxes au-dessous des limites légales ; aux termes de l'ordonnance du 15 novembre 1846 (art. 44), les changements de taxes sont soumis à diverses formalités et ne peuvent être appliqués que lorsqu'elles sont homologuées.

L'homologation est l'approbation donnée par le Ministre aux tarifs proposés par les Compagnies [1].

Les propositions des Compagnies sont insérées au *Journal officiel* et affichées dès qu'elles sont soumises au Ministre.

Les tarifs homologués sont mis en vigueur dans un délai de quinze jours, s'il s'agit de tarifs intérieurs, et de un mois, s'il s'agit de tarifs communs.

§ 6. — Frais accessoires.

Indépendamment des taxes fixées par les tarifs, les marchandises transportées par les chemins de fer ont à acquitter certains frais que nécessitent leur expédition et leur manutention : enregistrement, chargement, transmission, transbordement, déchargement, pesage, comptage, magasinage, etc. Ces frais, aux termes des cahiers des charges, doivent être fixés par le Ministre des Travaux publics ; ils ont été déterminés en dernier lieu par l'arrêté ministériel du 27 octobre 1900 ; on les trouve inscrits dans les tarifs généraux des Compagnies.

[1] Aucoc, *Conférences sur l'Administration et le Droit administratif*, 2e édition, t. III.

Le même arrêté fixe les délais de livraison et d'enlèvement des marchandises.

Les délais de transport inscrits dans les tarifs généraux sont réglés par les arrêtés ministériels des 12 juin 1866 et 3 novembre 1879.

§ 7. — Camionnage et factage.

Le *camionnage* est l'opération qui consiste à transporter les marchandises à petite vitesse du domicile de l'expéditeur à la gare de départ, ou, inversement, de la gare d'arrivée au domicile du destinataire. On donne le nom de *factage* aux opérations semblables concernant les marchandises à grande vitesse.

Les Compagnies sont obligées d'assurer les services du camionnage et du factage pour la remise des marchandises aux destinataires; elles ne sont pas tenues de faire l'opération inverse; mais le camionnage et le factage ne font pas partie du monopole des transports, les destinataires peuvent les faire exécuter par qui bon leur semble.

Les tarifs de camionnage et de factage sont fixés par arrêtés ministériels.

Les Compagnies sont autorisées à faire camionner d'office, soit au domicile du destinataire, soit dans un magasin public, toute marchandise qui, adressée en gare, ne serait pas enlevée dans un délai de trois jours à compter de l'avis d'arrivée (arrêté du 27 octobre 1900).

Pour une gare qui reçoit 1 million de tonnes de marchandises par an, ce délai de trois jours exige des halles et quais pouvant recevoir 10.000 tonnes de marchandises, soit, à raison de 4 à 5 mètres carrés par tonne, une surface de 4 à 5 hectares, non compris les cours ni les voies.

En Angleterre, les marchandises, dès leur arrivée, sont camionnées d'office par les Compagnies de chemins de fer, aussi les quais et halles des gares sont-ils moins grands qu'en France.

CHAPITRE XXIII

RECETTES ET DÉPENSES DES COMPAGNIES

§ 1. — Recettes kilométriques.

Les recettes et les dépenses des Compagnies de chemins de fer sont généralement rapportées au nombre de kilomètres dont se compose le réseau.

Le chiffre des recettes et dépenses kilométriques est extrêmement variable, suivant le trafic des lignes exploitées.

Grands réseaux. — Les recettes des réseaux des grandes Compagnies françaises ont été les suivantes pour les dernières années :

	1903	1904	1905	1906	1907
	francs	francs	francs	francs	francs
Est	38.917	39.551	41.820	44.665	45.860
Midi	31.381	31.015	31.033	31 815	30.723
Nord	63.671	63.637	66.397	68.290	71.596
Orléans	32.171	31.751	32.877	33.956	36.433
Ouest	32.792	32.751	33.366	35.000	34.857
P.-L.-M.	49.292	49.500	50.472	52.617	54.072
Etat	17.654	17.835	18.457	19.043	19.291

Réseaux secondaires. — Les recettes des Compagnies secondaires sont, en général, loin d'être aussi élevées. Le tableau de la page suivante indique ce qu'elles ont été en 1905.

Recettes et dépenses des réseaux secondaires d'intérêt général.

DÉSIGNATION DES RÉSEAUX	LONGUEUR moyenne exploitée	RECETTE par kilomètre exploité	DÉPENSE par kilomètre exploité	COEFFICIENT d'exploitation
	kilom.	francs	francs	
Somain à Anzin et à la frontière..	37	158.048	51.573	32,6
Chauny à Saint-Gobain.....	15	29.499	14.958	50,7
Hazebrouck à la frontière.....	15	8.346	9.380	112,4
Enghien à Montmorency.....	3	49.646	28.033	56,5
Société générale des Chemins de fer économiques.....	174	2.870	2.765	96,3
Chemins de fer départementaux, réseau du Vivarais.....	203	5.053	3.989	78,9
Chemins de fer départementaux, réseau des Charentes.....	208	3.108	3.057	98,4
Vieux port et banlieue sud de Marseille.....	3	9.617	10.046	104,5
Sud de la France.....	301	5.070	5.177	102,1
Médoc.....	103	14.313	6.402	44,7
Saint-Georges-de-Commiers à la Mure.....	34	26.425	13.731	52,0
Lignes de la Corse.....	296	3.790	3.288	86,7
TOTAUX ET MOYENNES pour 1905.	1.392	9.904	5.727	57,8

Recettes comparées. — On voit que, sur une longueur moyenne exploitée de 1.392 kilomètres, la recette moyenne des réseaux secondaires a été, pour l'année 1905, de 9.904 francs, alors que la recette moyenne des grands réseaux (y compris les deux Ceintures) a été, pour une longueur de 38.215 kilomètres, pour la même année, de 40.895 francs.

Moyennes générales. — Voici, d'ailleurs, les moyennes générales des recettes kilométriques des grands réseaux et des réseaux secondaires réunis, pour les dernières années :

Années.....	1901	1902	1903	1904	1905
Longueur exploitée en kilomètres..	38.274	38.547	39.105	39.363	39.607
Recette moyenne en francs.....	38.073	38.277	38.489	38.481	39.805

§ 2. — Dépenses kilométriques.

Grands réseaux. — Pour les grandes Compagnies, les dépenses par kilomètre exploité ont été, pendant les dernières années, les suivantes :

	1903	1904	1905	1906	1907
	francs	francs	francs	francs	francs
Est	21.967	22.145	22.357	23.507	25.947
Midi	15.185	14.442	13.953	14.571	15.688
Nord	34.578	33.928	35.901	36.190	38.462
Orléans	15.292	15.030	16.033	17.097	19.078
Ouest	19.218	18.485	19.807	19.153	20.829
P.-L.-M.	23.922	23.392	24.961	26.371	28.939
Etat	12.993	12.958	13.349	14.140	14.709

Réseaux secondaires. — Pour les chemins secondaires, la dépense kilométrique a été indiquée au tableau de la page précédente.

On admet, en général, que l'on ne peut guère exploiter une ligne à moins de 5.000 francs par kilomètre, si l'on suppose un entretien normal et si l'on y comprend l'annuité du renouvellement du matériel roulant et de la voie.

Quand la ligne est soumise aux obligations des cahiers des charges imposés aux grandes Compagnies, il faut compter sur un *minimum* de 8.000 francs.

Dépenses comparées. — Pour une longueur moyenne de 1.392 kilomètres, la dépense moyenne pour l'ensemble des réseaux secondaires a été, en 1905, de 5.727 francs.

Pour l'ensemble des grands réseaux, y compris les Ceintures (38.215 kilomètres), elle a été de 21.330 francs.

Moyennes générales. — Voici les moyennes générales des dépenses kilométriques des grands réseaux et des réseaux secondaires réunis, pour les dernières années (les longueurs exploitées sont données au paragraphe *Recettes*) :

Années	1901	1902	1903	1904	1905
Dépense moyenne en francs	21.422	20.941	20.443	19.992	20.782

§ 3. — Coefficient d'exploitation.

Définition. — On désigne sous le nom de coefficient d'exploitation le rapport de la dépense d'exploitation aux recettes, pendant une même année. Soient R la recette, D la dépense, le coefficient d'exploitation est exprimé par $\frac{100D}{R}$.

Grands réseaux. — Les résultats statistiques fournis par les grandes Compagnies accusent les coefficients suivants :

	1902	1903	1904	1905	1906	1907
Est	57,7	56,4	55,9	54	53	57
Midi	49,1	48,4	46,6	47	46	51
Nord	54,9	54,3	53,3	53	53	54
Orléans	48,5	47,5	47,3	47	50	52
Ouest	61,4	58,6	56,4	56	55	60
P.-L.-M	50,8	48,5	47,3	49	50	54
État	74,9	73,6	72,7	72	74	76

Réseaux secondaires. — Les coefficients d'exploitation de ces réseaux sont indiqués dans le tableau de la page 243.

Coefficients comparés. — Pour l'année 1905, le coefficient d'exploitation des grands réseaux, y compris les Ceintures, a été de 51,4. Pour l'ensemble des réseaux secondaires, le coefficient d'exploitation a été de 57,8.

Coefficient moyen. — Pour l'ensemble de tous les réseaux d'intérêt général, il a été :

1901	1902	1903	1904	1905
56,3	54,7	53,1	52	52,2

Ainsi les frais d'exploitation d'un chemin de fer à grand trafic absorbent la moitié de la recette. Quand le trafic de la ligne est au-dessous de 15.000 à 20.000 francs par kilomètre, le coefficient d'exploitation augmente, et, comme, à partir d'un certain chiffre, les dépenses ne descendent pas au-dessous du minimum cité ci-dessus, le coefficient peut atteindre et dépasser 100 0/0. Il en résulte qu'une ligne à faible trafic ne peut donner un bon coefficient, quelque économique que soit son exploitation.

Si l'on veut faire des comparaisons ayant une réelle portée, il faut prendre des lignes placées dans des conditions semblables de pentes, de courbes, de trafic et d'âge, et dont les transports soient répartis également dans les deux sens.

Encore ce rapprochement, pour être exact, exigerait-il que les lignes à comparer eussent le même tarif moyen : car il est évident que des tarifs plus bas et que des satisfactions plus grandes données au public contribuent à augmenter le coefficient d'exploitation.

Répartition des recettes. — Les recettes de l'exploitation ne se répartissent pas également entre tous les jours de l'année. Il y a souvent, d'un mois à l'autre, des différences considérables, qui se produisent tous les ans à pareille époque, indépendamment des variations brusques dues au chômage accidentel de certaines industries.

La division des recettes par nature de produit, donne, en moyenne, les résultats suivants pour les grandes Compagnies et les chemins de fer de l'État :

	EST	MIDI	NORD	ORLÉANS	OUEST	P.-L.-M.	ÉTAT
Voyageurs.....	30	35	32	31	44	30	34
Grande vitesse...	10	9	10	13	12	14	13
Petite vitesse....	58	53	56	55	44	54	52
Recettes diverses.	2	3	2	1	0	2	1
	100	100	100	100	100	100	100

La proportion des recettes de la petite vitesse va toujours en diminuant et elle tend vers la moitié de la recette totale.

SIXIÈME PARTIE

STATISTIQUE

TABLEAU N° 1. — **Développement des chemins de fer du monde au 31 décembre 1906.**

(Archiv für Eisenbahnwesen)

PAYS	SUPERFICIE	POPULATION	LONGUEUR des chemins de fer
	kilomètres carrés	millions	kilomètres
Allemagne	540.700	56,4	57.376
Autriche-Hongrie (Bosnie et Herzégovine)	676.500	47,1	41.227
Belgique	29.500	6,7	7.495
Danemark	38.500	2,4	3.434
Espagne	496.900	18,0	14.649
France	536.400	39,0	47.142
Grande-Bretagne et Irlande (avec Jersey, Malte et Man)	315.110	41,8	37.217
Grèce	64.700	2,4	1.241
Italie	286.600	32,5	16.420
Norvège	322.300	2,2	2.550
Pays-Bas et Luxembourg	35.600	5,3	3.566
Portugal	92.600	5,4	2.637
Roumanie	131.300	5,9	3.210
Russie et Finlande	5.390.000	105,5	56.670
Serbie	48.300	2,5	610
Suède	447.900	5,1	13.165
Suisse	41.400	3,3	4.342
Turquie, Bulgarie, Roumélie	267.000	9,8	3.142
Ensemble pour l'Europe	9.761.300	391,5	316.093
Amérique du Nord et Mexique	20.200.100	98,8	416.805
Amérique centrale et Amérique du Sud	19.000.000	.....	56.291
Afrique	.....	.....	28.193
Asie	.....	.....	87.958
Australie	7.985.000	4,9	28.510
Ensemble pour toute la Terre	.....	.....	933.850

TABLEAU N° 2. — **Résultats comparés de l'exploitation des chemins de**

	FRANCE			ANGLETERRE		
	1904	1905	1906	1904	1905	1906
Longueur moyenne exploitée, km.	39.200	39.450	39.600	36.300	36.600	36.900
	millions	millions	millions	millions	millions	millions
Recettes — Voyageurs	507	521	540	1.011	1.017	1.041
Recettes — Grande vitesse	179	185	194	210	213	219
Recettes — Petite vitesse	805	843	884	1.398	1.424	1.474
Recettes — Annexes	24	28	31	203	212	226
Ensemble des recettes d'exploitation	1.515	1.577	1.649	2.822	2.866	2.960
Ensemble des dépenses d'exploitation	787	823	871	1.746	1.769	1.838
Produit net	728	754	778	1.076	1.097	1.122
Capital d'établissement. Millions	17.442	17.561	17.823	27.140	27.480	27.560
Intérêt fourni par le produit net au capital (0/0)	4,17	4,30	4,37	3,97	4,00	4,07
Recette kilométrique (francs)	38.600	40.000	41.700	77.800	78.300	80.000
Coefficient d'exploitation (0/0)	52	52	53	62	62	62

1 L'exercice financier prend fin le 31 mars de chaque année.

Publié par la *Revue Générale des Chemins de fer*, d'après M. COLSON

fer d'intérêt général en France, en Angleterre et en Allemagne *.

ALLEMAGNE			AUGMENTATION					
			de 1904 à 1905			de 1905 à 1906		
1904-1905	1905-1906	1906-1907	France	Angleterre	Allemagne	France	Angleterre	Allemagne
53.400	54.400	55.150	250	300	1.000	150	300	750
millions	millions	millions	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0	0/0
770	825	886	2.8	0.6	7.2	3.6	2.4	7.5
113	122	133	3.3	1.5	8.0	5.0	3.0	9.0
1.755	1.891	2.034	4.6	1.8	7.7	4.9	3.7	7.5
192	204	229	»	»	»	»	»	»
2.830	3.042	3.282	4.1	1.5	7.5	4.6	3.3	8.0
1.800	1.930	2.128	4.7	1.3	7.2	5.8	5.9	10.2
1.030	1.112	1.154	3.7	1.9	8.1	3.6	2.3	3.8
17.725	18.190	18.801	119	360	465	272	80	611
5.81	6.10	6.14	0.13	0.03	0.29	0.09	0.07	0.04
53.000	55.900	59.600	1.400	500	2.900	1.700	1.700	3.700
64	63	65	0.2	»	— 0.5	0.7	»	1.5

(*Revue politique et parlementaire* du 10 mai 1908).

TABLEAU N° 3. — **Résultats de l'exploitation des réseaux d'intérêt général en 1905.**

	LONGUEUR moyenne exploitée	CAPITAL D'ÉTABLISSEMENT		RECETTES brutes (impôt déduit)	DÉPENSES d'exploitation	PRODUIT net
		Dépenses des Compagnies	Subventions			
	kilomètres	millions	millions	millions	millions	millions
Nord	3.721	1.728	100	252	134	118
Est	4.857	1.472	786	202	110	91
Ouest	5.893	1.657	943	202	114	87
Orléans	7.484	1.788	1.088	246	115	131
P.-L.-M.	9.368	3.886	1.163	473	234	240
Midi	3.803	1.064	587	116	53	63
Ceintures de Paris	173	93	26	17	15	1
Etat	2.916	681	172	54	39	15
Petits réseaux	1.392	231	105	14	8	6
	39.607	12.600	4.970	1.576	822	752
Algérie et Tunisie	3.907	137	566	41	27	14
	43.614	12.737	5.536	1.617	849	766

TABLEAU N° 4. — **Nombre et puissance des locomotives qui ont été en activité pendant l'année 1906.**

NATURE DES CHEMINS	FRANCE		ALGÉRIE	
	Nombre de locomotives	Puissance en chevaux	Nombre de locomotives	Puissance en chevaux
Chemins d'intérêt général	11.189	6.739.674	337	162.370
Chemins d'intérêt local	839	124.137	7	1.230
Chemins industriels et divers	732	61.881	18	1.168
Tramways à vapeur	637	69.750	25	3.675
TOTAUX	13.397	6.995.942	387	168.443

TABLEAU N° 5. — **Consommation des combustibles minéraux par les chemins de fer d'intérêt général en 1906.**

CHEMINS DE FER d'intérêt général	COMBUSTIBLES		CONSOMMATION TOTALE		
	français	étrangers	poids	valeur	Prix moyen
	tonnes	tonnes	tonnes	francs	francs
Nord	744.000	412.500	1.156.500	21.771.800	18,82
Est	392.900	487.000	879.900	16.174.800	18,38
Ouest	235.900	631.600	867.500	17.639.500	20,05
Orléans	451.100	524.100	975.200	20.161.100	20,67
Paris-Lyon-Méditerranée	1.369.500	145.800	1.515.300	31.224.000	20,60
Midi	224.600	198.700	423.300	9.136.800	21,58
Etat	25.700	247.600	273.300	6.022.400	22,03
Autres lignes	63.800	45.200	109.000	2.804.000	20,22
Chemins algériens	»	98.600	98.600	2.745.800	27,85
TOTAUX	3.507.500	2.791.100	6.298.600	127.080.200	20,17

TABLEAU N° 6. — **Comparaison des consommations de combustibles faites par les mines, la métallurgie et les chemins de fer en 1906.**

	CONSOMMATION en 1906	FRACTION de la consommation totale de la France
	tonnes	0/0
Industrie des mines	3.836.000	7,4
Métallurgie	9.056.000	17,5
Chemins de fer	6.993.000	13,5
ENSEMBLE	19.885.000	38,4

TABLEAU N° 7. — **Combustibles consommés par les chemins de fer français en 1906.**

	PAR NATURE DE COMBUSTIBLES CONSOMMÉS			CONSOMMATION totale
	Houille	Briquettes	Coke	
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Par les locomotives	4.577.000	1.509.000	92.000	6.178.000
Par les machines de la voie et des ateliers	516.000	24.000	36.000	576.000
Pour le chauffage des trains, des gares, etc	124.000	35.000	28.000	187.000
TOTAUX	5.217.000	1.568.000	156.000	6.941.000

	PAR PROVENANCE DES COMBUSTIBLES		CONSOMMATION totale
	Indigènes	Étrangers	
	tonnes	tonnes	tonnes
En houille	2.995.000	2.222.000	5.217.000
En briquettes	790.000	778.000	1.568.000
En coke	152.000	4.000	156.000
TOTAUX	3.937.000	3.004.000	6.941.000

TABLEAU N° 8. — **Recettes des chemins de fer de 1891 à 1907.**

ANNÉES	ÉTAT	P.-L.-M.	NORD	OUEST	ORLÉANS	EST	MIDI	TOTAL
				En millions de francs				
1891....	37.8	362.7	193.0	151.2	177.4	146.2	90.9	1.159.2
1892....	39.1	358.7	192.2	152.5	179.0	145.5	90.0	1.157.0
1893....	39.4	362.5	195.4	154.3	183.2	150.0	92.6	1.177.4
1894....	40.1	371.7	200.5	158.6	186.7	151.0	98.1	1.206.7
1895....	41.7	380.5	202.7	161.9	192.5	155.7	100.8	1.235.8
1896....	43.9	387.4	209.6	168.4	197.6	162.4	99.7	1.269.0
1897....	44.6	408.4	216.6	171.0	203.0	165.0	104.7	1.313.3
1898....	46.4	425.4	223.4	177.7	208.4	168.8	108.5	1.358.6
1899....	47.3	436.6	227.0	176.9	212.0	175.4	106.8	1.382.0
1900....	49.2	463.4	248.3	187.0	228.8	189.5	108.1	1.474.3
1901....	49.5	444.8	233.4	182.2	230.6	180.1	109.0	1.429.6
1902....	50.4	448.9	235.7	183.9	232.7	183.4	112.5	1.447.5
1903....	51.5	456.8	239.7	189.7	234.5	189.0	115.3	1.476.5
1904....	52.0	459.5	239.8	190.9	234.2	192.1	116.7	1.485.3
1905....	53.8	473.2	249.9	196.8	246.9	201.5	118.0	1.540.1
1906....	55.5	496.7	257.0	206.8	257.7	215.5	121.0	1.610.2
1907....	56.1	513.0	265.1	209.7	267.5	227.5	121.8	1.660.7

TABLEAU N° 9. — **Situation financière des Compagnies françaises.**

COMPAGNIES	NOMBRE d'actions	DIVIDENDE garanti	DIVIDENDE réservé
Nord	525.000	54,10	88,50
P.-L.-M.	800.000	55	67,50
Est	584.000	35,50	50,50
Ouest	300.000	38,50	50
Orléans	600.000	56	72
Midi	250.000	50	60

Le capital-actions des grandes Compagnies représente 1.470 millions réalisés soit le septième à peine de la part fournie par elles dans le capital d'établissement de leur réseau. Cette proportion serait tout à fait insuffisante, si la valeur de ce capital n'avait été très augmentée par le revenu considérable que les Compagnies ont tiré de leurs premières concessions et que la garantie d'intérêts a consolidé ; elle atteint, aux cours actuels, près 5 de milliards.

Au 31 décembre 1905, la valeur des obligations des grandes Compagnies jouissant de la garantie de l'Etat, en circulation, atteignait près de 20 milliards. La situation était la suivante :

Nombre de titres émis	39.390.213
Capital réalisé	13.440.955.026
Capital total à amortir	19.889.358.750
Capital amorti	3.130.820.400
Intérêts servis en 1905	503.181.463
Capital remboursé en 1905	157.598.150

Le capital réalisé, au moyen d'émissions d'obligations par les Compagnies algériennes et les Compagnies secondaires d'intérêt général et d'intérêt local, tramways compris, atteignait 954.746.348 francs.

Tableau n° 10. — Avances faites par l'État (fin 1907), au titre de la garantie d'intérêt. Remboursements et participation aux bénéfices pour 1907 (conventions de 1883).

DÉSIGNATION des compagnies	AVANCES DE L'ÉTAT			REMBOURSEMENTS à effectuer pour l'exercice 1907	VERSEMENTS à effectuer à l'Etat pour sa part des bénéfices de l'exercice 1907
	Capital	Intérêts	Totaux		
	millions	millions	millions	francs	
Orléans	152,3	66,3	218,6	2.764.152	—
Est	166,7	52,3	219,0	14.812.040	—
Midi	187,7 [1]	92,3	280,0 [1]	—	—
Ouest	312,8 [2]	141,0 [2]	453,8 [2]	—	—
P.-L.-M.	—	—	—	—	866.795
Nord	—	—	—	—	—

1 Y compris 4.805.536, demandés à la garantie pour 1907.
2 — 16.305.021 —

Tableau n° 11. — **Parcours des machines.** — Le parcours kilométrique des machines est assez variable; le tableau suivant donne pour les grandes Compagnies françaises les parcours faits pendant l'année 1905.

	PARCOURS DES MACHINES	
	Total	Moyen
	kilomètres	kilomètres
Nord	71.219 945	51.164
Est	58.812.301	41.800
Ouest	60.378.513	37.409
Orléans	59.106.982	43.621
P.-L.-M	103.538.365	33.836
Midi	29.616.284	32.297
Etat	19.301.840	42.703

Tableau n° 12. — **Dépenses, Matériel et Traction par kilomètre de parcours des trains, en 1905.**

	PERSONNEL	COMBUSTIBLE consommé par les locomotives	ENTRETIEN des machines voitures et wagons	DÉPENSES diverses	ENSEMBLE
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
Nord	0,28	0,22	0,40	0,08	0,98
Est	0,19	0,24	0,21	0,10	0,74
Ouest	0,20	0,23	0,21	0,08	0,72
Orléans	0,19	0,34	0,24	0,06	0,83
P.-L.-M	0,23	0,32	0,28	0,28	0,11
Midi	0,17	0,24	0,23	0,09	0,73
Etat	0,22	0,24	0,28	0,06	0,80
Petite Ceinture de Paris	0,17	0,19	0,42	0,01	0,79
Grande Ceinture de Paris	....	....	....	....	1,01
Ensemble	0,22	0,27	0,27	0,13	0,89

SEPTIÈME PARTIE

DIVERS

COMITÉ DE L'EXPLOITATION TECHNIQUE DES CHEMINS DE FER

L'institution et l'organisation du Comité technique des Chemins de fer a fait l'objet des décrets des 9 janvier 1900 et 25 février 1903 ; sa réorganisation est donnée par le décret du 17 décembre 1906 qui abroge les deux précédents. Institué au Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, ce Comité délibère sur toutes les questions qui lui sont soumises par le Ministre, relativement à la police, la sûreté et l'usage des chemins de fer et des tramways.

Le Comité est, notamment, appelé à émettre un avis sur les objets ci-après :

1° Règlements généraux et spéciaux d'exploitation, application et interprétation de ces règlements ;

2° Application, en matière de chemins de fer, des lois, décrets ou arrêtés relatifs aux accidents dont les ouvriers sont victimes, à la limitation et à la réglementation du travail des agents, aux contraventions commises par les exploitants ;

3° Aménagement des gares et stations, effectif du personnel ;

4° Accidents de chemins de fer, recherche de leurs causes, mesures à prendre pour en éviter le retour ;

5° Entretien, fonctionnement, augmentation, mise en réforme et répartition du matériel fixe et du matériel roulant ;

6° Modifications et améliorations dans la marche et le service des trains, création de nouveaux trains ;

7° Inventions concernant les chemins de fer ;

8° Police des gares et de leurs cours, classement et réglementation des passages à niveau ;

9° Conditions d'établissement et de fonctionnement des chemins de fer étrangers ;

Toute initiative est en outre laissée au Comité pour présenter lui-même les propositions qu'il jugerait utile de soumettre au Ministre.

Le Comité comprend des membres de droit et des membres nommés par arrêté du Ministre des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes.

Les réunions du Comité ont lieu normalement une fois par semaine à jour et à heure fixes.

COMITÉ CONSULTATIF DES CHEMINS DE FER

Ce Comité a été institué par un décret du 31 janvier 1878, organisé par un décret du 17 août 1898 et réorganisé par un décret du 2 janvier 1907. Institué au Ministère des Travaux publics, des Postes et des Télégraphes, il est appelé à émettre un avis :

Sur l'homologation des tarifs :

Sur l'interprétation : 1° des lois et règlements relatifs à l'exploitation commerciale des chemins de fer ; 2° des actes de concession ; 3° des cahiers des charges ;

Sur les rapports des administrations de chemins de fer entre elles ou avec les concessionnaires des embranchements ;

Sur les traités passés par les administrations de chemins de fer et soumis à l'approbation du Ministre ;

Sur les demandes en autorisation d'émission d'obligations ;

Sur les demandes d'établissement de stations ou haltes sur les lignes en exploitation.

Le Comité délibère, en outre, sur toutes les questions qui lui sont soumises par le Ministre relativement à l'établissement et à l'exploitation des chemins de fer d'intérêt général, d'intérêt local ou de tramways, notamment sur le mode à adopter pour la mise en exploitation des lignes nouvelles, sur le rachat des concessions ou la fusion des Compagnies.

Il est également consulté sur l'organisation, par les soins des Compagnies, de caisses de retraites, d'économats et toutes les autres institutions analogues.

Le Comité consultatif comprend des membres de droit et des membres nommés par décret.

Il est institué au sein du Comité consultatif une section permanente chargée de délibérer et de fournir son avis sur les affaires courantes ; cette section se réunit normalement une fois par semaine.

CONVENTION DE BERNE POUR LE TRAFIC INTERNATIONAL

Origine. — En 1878, aussitôt après l'ouverture du Saint-Gothard, la Suisse, à l'instigation de deux juristes distingués, MM. de Seigneux et Christ, prit l'initiative de réunir une Conférence en vue de régler par une législation uniforme les transports internationaux de marchandises par chemins de fer, question qui paraissait devoir intéres-

ser tout particulièrement les lignes suisses. Cette Conférence, réunie à Berne, élabora un projet qui fut soumis aux divers Gouvernements intéressés ; une deuxième Conférence (1881), puis une troisième (1886), et enfin une quatrième (1890) eurent lieu à Berne et il en résulta la *Convention internationale sur le transport des marchandises par chemins de fer* conclue entre l'Allemagne, l'Autriche et la Hongrie, la Belgique, le Danemark, la France, l'Italie, le Luxembourg, les Pays-Bas, la Russie et la Suisse, et approuvée en France par une loi du 29 décembre 1891.

Objet. — Cette convention est basée sur ce principe que le transport par chemins de fer constitue un contrat synallagmatique ; elle en fixe les éléments et les conséquences normales. Elle a pour effet, grâce à l'emploi d'une lettre de voiture directe, c'est-à-dire créée à la gare de départ pour la gare de destination définitive, de simplifier notablement les conditions des transports internationaux. Elle sanctionne, enfin, des principes uniformes en matière de responsabilité et elle consacre un système qui répond à toutes les nécessités commerciales.

Office central. — Un *Office central des transports internationaux*, dont le siège est à Berne, est institué pour centraliser tout ce qui concerne les transports internationaux, servir d'intermédiaire pour les règlements des comptes, et publier périodiquement (en français et en allemand) les documents intéressant la question.

Le dernier document publié par cet office est un volume de 102 pages contenant le texte (en vigueur à dater du 10 octobre 1901) de la convention internationale et des articles additionnels survenus depuis sa promulgation.

On se procurera des renseignements complémentaires sur la convention en question auprès des gares de chemins de fer et auprès du Bureau international à Berne [1].

CONFÉRENCES INTERNATIONALES DE BERNE POUR L'UNITÉ TECHNIQUE DES CHEMINS DE FER

Première Conférence (1882). — Les Gouvernements d'Allemagne, d'Autriche-Hongrie, de France et d'Italie ont été invités par le Gouvernement Fédéral Suisse à étudier, dans une Conférence internationale qui s'est tenue à Berne, en octobre 1882, les règles communes à

[1] Voir *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer*, janvier 1887, et le *Journal officiel*, tables de l'année 1891.

adopter pour l'exploitation des voies ferrées et la construction du matériel.

Deuxième Conférence (1886). — Les propositions faites à la suite de la première Conférence ont été examinées dans une seconde Conférence qui a eu lieu en mai 1886 et dont les résolutions ont été adoptées par les Gouvernements.

En France, elles ont été sanctionnées par deux arrêtés ministériels, en date du 31 mars 1887, l'un du Ministre des Travaux publics, l'autre du Ministre des Finances, les rendant applicables à partir du 1er avril 1887 ; le premier, contient les dispositions relatives à l'unité technique des voies et du matériel ; le second, celles relatives au mode de fermeture des wagons devant passer en douane.

Troisième Conférence (1907). — En février 1896, il a été décidé qu'une troisième Conférence aurait lieu en vue de remanier les décisions prises par la deuxième Conférence. — Cette troisième Conférence a eu lieu en mai 1907 ; les résolutions qui y ont été prises ont été rendues applicables sur le réseau français par décret du 15 juin 1908 ; elles visent la largeur des voies, la construction et l'entretien du matériel roulant, le chargement des wagons, etc.

CONGRÈS DES CHEMINS DE FER

Origine du Congrès. — En 1885, à l'occasion de l'Exposition d'Anvers et du cinquantenaire des Chemins de fer, eut lieu à Bruxelles le premier Congrès des chemins de fer ; son but était la *recherche des améliorations à introduire dans la construction et dans l'exploitation des chemins de fer.*

C'est au Congrès de Bruxelles que fut votée la proposition de constituer une Commission internationale permanente, laquelle fut chargée de « préparer une nouvelle session du Congrès et de lui soumettre les bases d'une Association scientifique ayant pour but de favoriser le progrès technique des chemins de fer par la réunion de Conférences, par des publications et en facilitant les relations entre les Administrations participantes ».

L'Association fut définitivement constituée et les statuts furent votés [1] dans la deuxième session, tenue à Milan en 1887.

[1] D'après les statuts, le Congrès des Chemins de fer est une Association permanente composée des Administrations de Chemins de fer ayant fait acte d'adhésion. Les Gouvernements adhérant à l'Association y sont représentés par des délégués.

Commission internationale ; Comité de direction. — La Commission internationale siège à Bruxelles ; elle est composée de 33 membres et se renouvelle par tiers à chaque session du Congrès. Elle se réunit une fois par an.

En dehors de ses séances, la Commission délègue ses pouvoirs à un Comité de direction composé de 7 membres ayant à leur tête le Président de la Commission.

Bulletin de la Commission internationale. — L'organe du Congrès des Chemins de fer est le *Bulletin de la Commission internationale du Congrès des Chemins de fer*, dont le premier numéro est celui de janvier 1887. D'après l'*Avant-propos* de ce premier numéro, le *Bulletin*, mensuel, contient, « outre les actes officiels de la Commission, les mémoires sur les questions portées au programme du Congrès, ainsi que les communications jugées dignes d'être publiées pour éclairer les discussions futures ». Ce *Bulletin* forme un recueil des plus précieux pour la technique des chemins de fer ; des tables générales des *Bulletins* de 1887 à 1889 inclus ont été publiées en 1900.

Sections du Congrès. — Les travaux du Congrès sont répartis en cinq sections :

1re *Section :* Voie et Travaux ; — 2e *Section :* Traction et Matériel ; — 3e *Section :* Exploitation ; — 4e *Section :* Ordre général ; — 5e *Section :* Chemins de fer secondaires.

Sessions successives du Congrès. — 1re *Session :* Bruxelles, 1885 : — 2e *Session :* Milan, 1887 ; — 3e *Session :* Paris, 1889 ; — 4e *Session :* Saint-Pétersbourg, 1892 ; — 5e *Session :* Londres, 1895 ; — 6e *Session :* Paris, 1900. — 7e *Session :* Washington, 1905.

La prochaine session aura lieu en Suisse.

HUITIÈME PARTIE

CAHIERS DES CHARGES UNIFIÉS DES GRANDES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER FRANÇAIS

Fers de forge d'emplois courants.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Les fers de forge d'emplois courants sont classés en quatre catégories : **L, M, O, P.**

Marques de fabrication. — Chaque barre livrée aux dimensions de commande sera frappée d'une façon indélébile, à chaud ou à froid, de la marque du fournisseur et de l'indice de catégorie.

Exemple : **A S. L.**

Pour les barres réunies en bottes, ces marques sont frappées lisiblement sur les liens.

Fabrication. — Les paquets seront constitués avec des fers bruts de même nature, appareillés à joints croisés : chaque mise tiendra toute la longueur du paquet, sans bouts écrus.

Toute introduction, dans les paquets, de métal fondu de dénomination quelconque est interdite.

Laminage. Aspect extérieur. — Les barres seront laminées avec soin ; leurs surfaces, unies et saines, ne doivent présenter aucun défaut : fente, crique, gerçure, manque de matière, etc., pouvant nuire à l'emploi.

Dressage. — Les barres seront convenablement dressées sur toute leur longueur.

Bouts affranchis. — Les bouts seront coupés carrément, sans bavures.

Réparations. — Toute trace de réparation, travail de forge par soudure ou de toute autre manière, ayant pour but de masquer les défauts, est une cause de rebut.

L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels qu'il jugera sans importance pour le bon emploi des barres.

Tolérances sur les dimensions. — Longueurs : pour toutes les barres demandées à longueurs fixes, il ne sera admis, quelles que soient ces longueurs, aucune tolérance en moins ; la tolérance en plus est limitée à 30 millimètres.

Barres laminées : Epaisseur **e**, ou diamètre **d** : ± 0mm,2 sur les barres dont le diamètre ou l'épaisseur est ≤ 10 millimètres ;

± 2 0/0 sur les barres dont le diamètre ou l'épaisseur est > 10 millimètres, sans que cette tolérance puisse dépasser 1mm,5.

Pour les barres rondes, l'ovale est limité à l'écart ci-dessus.

Largeur : ± 2 0/0 sur tous les plats, sans que cette tolérance puisse dépasser 2 millimètres.

Barres martelées : pour les barres martelées, la tolérance sera de ± 4 0/0 sur le diamètre, l'épaisseur ou la largeur, quelles que soient les dimensions, sans que pour une même barre l'écart entre les dimensions de deux sections quelconques puisse excéder 4 0/0.

Angles : Dans les carrés ou plats pour lesquels **e** > 80 millimètres, les angles pourront être légèrement arrondis : tolérance maxima : **r** ≤ 4 0/0 de **e**.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Nature des essais. — Les essais auxquels seront soumis les fers de forge sont les suivants :

Essais à froid.	Épreuve de texture.....	sur les catégories	**L. M. O. P.**
	— de pliage et de soudabilité.	—	**M. O. P.**
	— de traction.....	—	**L. M. O. P.**
Essais à chaud.	Épreuve de rabattement et de perçage de trous	—	**M. O. P.**

Proportion des essais. — Le nombre de séries d'épreuves à effectuer sur chaque livraison et pour chaque catégorie, est proportionné aux tonnages de barres présentées, l'unité de série d'épreuves étant appliquée à :

Fers catégorie **L**.....	6.000	kilogr.
— **M**.....	5.000	—
— **O**.....	3.000	—
— **P**.....	2.000	—

Toute fraction peut donner lieu à une série complète d'essais, au gré de la Compagnie.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des éprouvettes.

Répartition des prélèvements. — Lorsque la réception comportera plusieurs séries d'épreuves, les prélèvements seront, autant que possible, répartis proportionnellement aux tonnages de barres de petites moyennes et grosses sections.

Les petites sections correspondent à	d ou e	$\leqslant 25^{mm}$.
Les moyennes	—	de 26 à 50^{mm} inclusivement.
Les grosses	—	de 51^{mm} et au-dessus.

Traçage des prélèvements. — Les prélèvements sont tracés, poinçonnés et repérés sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire.

Préparation des éprouvettes. — Les prélèvements seront, suivant leurs sections, essayés soit bruts, soit après découpage ou laminage, dans les conditions définies au chapitre « Modes d'Essais ».

Finissage. — Sauf les exceptions spécifiées ci-après, le finissage des barreaux doit avoir lieu entièrement à froid, au moyen de machines-outils, sans aucune opération de martelage.

Dans les éprouvettes méplates, les faces de laminage seront conservées chaque fois qu'il sera possible : dans ce cas, les champs seuls sont travaillés.

Les arêtes des barreaux pour essais de pliage seront légèrement adoucies à la lime, sans congé appréciable.

Poinçons de la Compagnie. — Les barreaux d'essais conserveront les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essais. Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après, dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAIS A FROID

Epreuve de texture. — *Prélèvements.* — Sur les diverses catégories de fers de toutes sections.

Mode d'essai. — Les barres entaillées au burin ou à la tranche sont rompues brusquement en porte-à-faux, soit au marteau, soit au pilon.

Résultats. — Le fer ne doit jamais présenter dans sa texture de gros cristaux brillants et lamelleux ; le grain doit être demi-fin, avec arrachements, et le nerf doit être blanc, allongé et sans traces de scories.

Epreuve de pliage et de soudabilité. — *Prélèvements.* — Sur les fers des catégories **M, O, P,** dont d ou e $\geqslant$ 5 millimètres.

Les barres plates ayant moins de 15 millimètres d'épaisseur et les barres carrées, rondes ou demi-rondes, ayant une section inférieure à 200 millimètres carrés sont essayées sans soudure préalable.

Les fers ronds et carrés n'ayant pas plus de 25 millimètres de diamètre ou de côté et les plats n'ayant pas plus de 25 millimètres d'épaisseur et de 40 millimètres de largeur, seront essayés bruts, après soudure.

Les fers d'épaisseurs ou de diamètres supérieurs à 25 millimètres seront préalablement réduits, par laminage ou forgeage, à l'épaisseur ou au diamètre de 25 millimètres.

Pour les fers d'épaisseurs égales ou inférieures à 25 millimètres et dont la largeur sera supérieure à 40 millimètres, les prélèvements seront ramenés, par découpage à chaud, à une largeur uniforme de 40 millimètres.

Mode d'essai de soudure. — L'éprouvette, d'une longueur de 250 millimètres environ, sera rompue en son milieu, en deux parties, puis soudée et forgée. Les deux parties doivent être réunies bout à bout par une soudure dite par amorces et à chaude portée. Chaque amorce, à forme convexe, inclinée à 45°, présentera une surface de soudure du double environ de la section droite primitive du barreau. La soudure devra être obtenue au moyen de deux chaudes, l'une chaude suante, l'autre chaude de ressuée.

L'éprouvette sera ensuite convenablement parée.

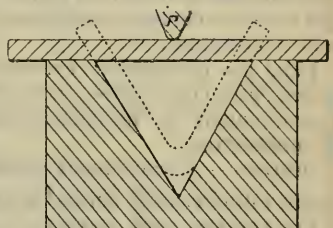


Fig. 1.

Mode d'essai de pliage à froid. — L'éprouvette devra supporter un pliage réalisé sur un empreint, au moyen d'un coin ou dégorgeoir qui est arrondi suivant un rayon r au plus égal au diamètre ou à l'épaisseur du barreau (*fig.* 1).

Fig. 2.

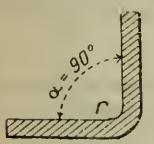
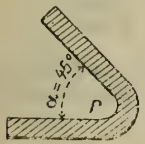


Fig. 3.

On admettra tout autre dispositif permettant de plier le barreau à l'angle voulu, sur un mandrin présentant le rayon indiqué ci-dessus.

Les éprouvettes soudées seront pliées sur le plat de la soudure.

Résultats :



Fers des catégories
- **M** : angle intérieur maximum. $\alpha = 90°$ (*fig.* 2)
- **O** : — $\alpha = 45°$ (*fig.* 3)
- **P** : Branches parallèles, soit $\alpha = 0°$ (*fig.* 4) écartement intérieur maximum : 1/2 du diamètre ou de l'épaisseur.

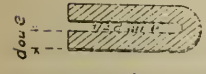


Fig. 4.

Ces pliages doivent être obtenus sans décollement, rupture ni défaut.

Pour s'assurer en outre de la perfection de la soudure, on ouvrira et on fermera alternativement l'angle du pliage, afin de provoquer la rupture qui devra être entièrement saine, sans parties dessoudées.

Épreuve de traction. — *Prélèvements.* — Sur les fers de toutes catégories et de toutes sections, sauf sur les échantillons d'épaisseur ou de diamètre au-dessous de 5 millimètres.

En principe, les éprouvettes sont obtenues par ajustage à froid des échantillons.

Si le fournisseur le demande, les échantillons de *petites sections* peuvent être essayés bruts.

Les éprouvettes des échantillons de *moyennes* et *grosses sections* peuvent seules être obtenues par laminage ou forgeage en une seule chaude, suivi ou non d'ajustage à froid.

Le laminage ou forgeage doit être suivi de recuit, s'il a été fait dans des conditions de nature à écrouir le métal.

Forme des éprouvettes. — Les têtes d'attache sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essai : leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes, sous la condition de ne pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction : têtes excentrées, non symétriques, etc...

Dans les éprouvettes cylindriques, les extrémités peuvent être prises entre coins striés. Dans les éprouvettes méplates, le rayon de raccordement de la partie calibrée aux têtes est uniformément de 10 millimètres.

Repères. — L'écartement entre repères, pour le relevé de l'allongement, est déterminé par la formule $L = \sqrt{66{,}67S}$ (S étant la section). Ces repères sont croisés à partir de la naissance des congés. La fraction entre ces repères qui servira à calculer l'allongement pour 100 sera celle comprenant la section de rupture.

Dimensions des éprouvettes

Éprouvettes cylindriques. — Pas plus de 25 millimètres de diamètre. Les dimensions à adopter de préférence sont les suivantes :

Diamètre	$22^{mm},57$
Section	400^{mm2}
Ecartement entre repères	165^{mm}
Longueur de la partie calibrée	210^{mm}

Éprouvettes méplates. — Les éprouvettes méplates sont réunies en plusieurs séries dans chacune desquelles la largeur est constante suivant le groupement ci-après :

Tableau des dimensions des éprouvettes méplates pour les épaisseurs de 5 à 25 millimètres.

ÉPAISSEUR en mm.	SECTION en mm²	ÉCARTEMENT entre repères en mm.	LONGUEUR de la partie calibrée en mm.
	Largeur uniforme de 30 millimètres.		
5	150	100	200
6	180	110	
7	210	120	
8	240	125	
9	270	135	
10	300	140	
	Largeur uniforme de 25 millimètres.		
11	275	135	200
12	300	140	
13	325	150	
14	350	155	
15	375	160	
16	400	165	
17	425	170	
18	450	175	
19	475	180	
20	500	185	
	Largeur uniforme de 20 millimètres.		
21	420	170	200
22	440		
23	460	175	
24	480	180	
25	500	185	

Durée de l'essai. — Température. — L'essai a lieu par traction progressive, à la température ambiante. Sa durée, selon le volume du barreau, sera comprise entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont indiqués au tableau ci-après :

CATÉGORIES	ESSAIS DE TRACTION A FROID	
	Résistance minima par mm² de la section primitive S	Allongement minimum 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66{,}67S}$
L	30 kilogrammes	10
M	32 —	15
O	34 —	20
P	37 —	24

ESSAIS A CHAUD

Épreuves de rabattement et de perçage de trous. — *Prélèvements* (sur les fers **M, O** et **P**) :

1° *Essais sans découpage longitudinal.* — Sur les plats de 15 à 20 millimètres d'épaisseur, dont la largeur n'excède pas trois fois l'épaisseur ;

2° *Essais après simple découpage.* — Sur les plats de 15 à 20 millimètres d'épaisseur dont la largeur trop grande est réduite par découpage à chaud d'un seul côté à une dimension égale à trois fois l'épaisseur ;

3° *Essais après réduction de section par étirage ou forgeage.* — Sur tous les plats, ronds et carrés d'épaisseur, de diamètre ou de côté supérieur à 20 millimètres, dont la section sera ramenée préalablement par étirage à 60×20.

Les échantillons qui ne pourront être ramenés à cette section seront étirés à toute autre section inférieure, la plus forte possible, dans laquelle l'épaisseur définitive devra toujours être égale *au tiers* de la largeur.

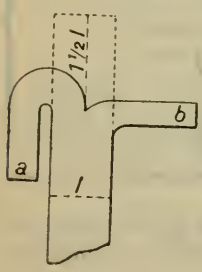


FIG. 5.

Si la largeur des barres est, par rapport à l'épaisseur, trop grande pour permettre le forgeage dans de bonnes conditions, on pourra, exceptionnellement, procéder au découpage préalable d'une bande qui sera ensuite étirée à chaud comme il est dit ci dessus.

Rabattement. — Cette épreuve a lieu en une seule chaude.

Le morceau d'essai est porté au blanc soudant et l'une de ses extrémités est fendue à la tranche, sur une longueur égale à une fois et demie la largeur de l'éprouvette : la fente n'est pas limitée par un petit trou.

Les deux parties ainsi formées sont ensuite renversées au marteau.

Pour le fer **M**, le rabattement a lieu à angle droit, comme en b du croquis ci-dessus (*fig.* 5).

Pour les fers **O** et **P**, les branches rabattues devront pouvoir s'appliquer sur le corps de la barre, comme en a.

Résultats. — Ces rabattements doivent être obtenus sans prolongement de la fente, sans fissure, crique, ni défaut d'aucune sorte.

Perçage de trous. — Le morceau d'essai porté au blanc soudant est percé, suivant la longueur, au poinçon conique, de deux trous qui auront chacun un diamètre égal à la moitié de la largeur du barreau pour les fers **M** et **O** et aux trois quarts de cette largeur pour le fer **P**.

Le poinçon se termine par une partie plane ayant au plus 6 millimètres de diamètre ; sa conicité est de 3 millimètres par centimètre de hauteur (*fig.* 6).

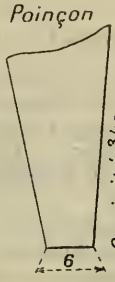


Fig. 6.

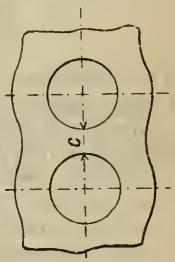


Fig. 7.

La débouchure pouvant résulter du perçage ne devra, en aucun cas, avoir une épaisseur dépassant 3 millimètres.

Cet essai sera fait en une seule chaude, et la toile c (*fig.* 7) séparant les deux trous ne devra pas, après achèvement de l'essai, avoir plus de :

15 mm. d'épaisseur pour le fer **M** ;
12 mm. — pour le fer **O** ;
10 mm. — pour le fer **P**.

Résultats. — Bien que l'essai ne soit terminé qu'à la température du rouge sombre, on ne doit constater aucune fente, ni gerçure, ni crique, ou défaut quelconque, dans toute la région soumise à l'influence du perçage des trous.

Barres rondes en fer pour rivets, boulons et tirants.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Les barres rondes en fer pour rivets, boulons et tirants, comportent trois catégories : **R, S, T.**

Marques de fabrication. — Chaque barre portera à l'une de ses extrémités la marque du fournisseur, ainsi que l'indice de catégorie.

Exemple : **SC. R.**

Ces marques, frappées d'une façon indélébile, seront bien lisibles, sans conditions de profondeur, ni de hauteur.

Pour les barres réunies en bottes, ces marques sont frappées sur les liens.

Fabrication. — Les fers des qualités **R, S** et **T** seront obtenus par puddlage dit « *à fin grain* » et avec les meilleurs soins.

Aspect extérieur. — Les surfaces des barres seront saines, sans pailles, cendrures, criques, manques et replis de matière, ni autres défauts préjudiciables à l'emploi.

Réparations. — Il ne pourra être toléré aucune réparation de surface.

Dressage. — Les barres seront convenablement dressées.

Bouts affranchis. — Les bouts seront coupés carrément, sans bavures.

Tolérances sur dimensions. — La section des barres sera uniforme sur toute la longueur.

En dehors des limites ci-après, les barres seront refusées :

Longueurs : ± 100 millimètres, lorsque les barres sont commandées à longueur fixe.

Diamètres : ± 1,5 0/0, avec minimum de 1/4 de millimètre, sauf en ce qui concerne les barres servant à la confection des rivets, pour lesquelles il n'est admis aucune tolérance en plus.

Ovale : limité à l'écart ci-dessus.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Nature des essais. — Les essais auxquels seront soumises les barres sont les suivants :

			CATÉGORIES
Essais à froid.	Epreuve de texture		R, S, T
	— de pliage		R, S, T
	— de traction		R, S, T
Essai à chaud...	Épreuve de pliages successifs		S, T
Essais à chaud et à froid.	Epreuves de confection de têtes de rivets	à chaud	R, S, T
		à froid pour les barres d'un diamètre $\leq$ 12 mm. seulement	S, T

Proportion des essais. — Le nombre de séries d'épreuves à effectuer sur chaque livraison est proportionné aux tonnages de barres présentées, l'unité de séries d'épreuves étant fixée à :

Fer **R**..... 2.000 kg.
Fers **S** et **T**..... 1.000 kg.

Toute fraction peut donner lieu à une série complète d'essais, au gré de la Compagnie.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des éprouvettes.

Répartition des prélèvements. — Lorsque la réception comportera plusieurs séries d'épreuves, les prélèvements seront, autant que possible, répartis proportionnellement à l'importance des lots des diverses sections.

Traçage des prélèvements. — Les prélèvements sont tracés, poinçonnés et repérés sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire.

Préparation des éprouvettes. — Les différentes éprouvettes seront préparées dans les conditions définies au chapitre « Modes d'essais ».

Finissage. — Le travail de préparation des barreaux ajustés doit avoir lieu entièrement à froid, au moyen de machines-outils, sans aucune opération de martelage.

Poinçons de la Compagnie. — Les barreaux d'essais conserveront les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAIS A FROID

Épreuve de texture. — *Prélèvements.* — Sur les diverses catégories de fers.

Mode d'essai. — Les barres entaillées au burin ou à la tranche, sont rompues brusquement en porte-à-faux, soit au marteau, soit au pilon.

Résultats. — Pour les fers des trois catégories : cassures saines à nerfs, avec tolérance de parties à grain demi-fin pour le fer **R**, et fin pour les fers **S** et **T**.

Épreuve de pliage. — *Prélèvements.* — Sur les diverses catégories de fers.

Pour les fers **R** et **S** : morceau brut de 250 millimètres de longueur.

Pour le fer **T** : morceau brut de 250 millimètres de longueur, chauffé au rouge sombre (700°) et trempé à l'eau à 28° avec agitation jusqu'au refroidissement.

Mode d'essai. — L'épreuve a lieu sur un empreint, à l'aide d'un marteau à devant et d'un dégorgeoir.

Résultats. — Pliage sans crique :

A branches formant entre elles un angle de 60° avec rayon intérieur égal à d pour le fer **R** ;

A branches parallèles avec écartement intérieur égal à :

1/2 d pour le fer **S**,
d pour le fer **T**.

Épreuve de traction. — *Prélèvements.* — Sur les diverses catégories de fers.

Le barreau sera essayé brut ou terminé à froid au tour.

Forme des éprouvettes. — Les têtes d'attache sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essais ; leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes sous la condition de ne pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction, têtes excentrées, non symétriques, etc...

Repères. — L'écartement entre repères, pour le relevé de l'allongement, est déterminé par la formule $L = \sqrt{60{,}67\ S}$ (S étant la section). Ces repères sont croisés à partir de la naissance des congés. La fraction entre ces repères qui servira à calculer l'allongement pour 100 sera celle comprenant la section de rupture.

Dimensions des éprouvettes. — Les ronds de 25 millimètres de diamètre et au-dessous peuvent être essayés bruts si le fournisseur le désire ; les extrémités généralement prises entre coins striés.

Pour les barres de diamètres supérieurs à 25 millimètres, l'éprou-

vette sera cylindrique avec longueur calibrée façonnée au tour et extrémités généralement prises entre coins striés.

L'éprouvette-type à prendre de préférence, en ce dernier cas, est la suivante :

Diamètre	$22^{mm},57$
Section	400^{mm2}
Écartement entre repères	165^{mm}
Longueur de la partie calibrée	210^{mm}

Durée de l'essai. — Température. — L'essai a lieu par traction progressive, à la température ambiante.

Sa durée, selon le volume du barreau, sera comprise entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont indiqués au tableau ci-après :

CATÉGORIES	ESSAIS DE TRACTION A FROID	
	Résistance minima par mm² de la section primitive S	Allongement minimum 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66,67S}$
R	32 kilogrammes	12
S	35 —	25
T	38 —	24

ESSAI A CHAUD

Epreuve de pliages successifs. — *Prélèvements.* — Sur les échantillons des fers **S** et **T** dont $d \geqq 5$ millimètres.

Les échantillons de diamètres supérieurs à 15 millimètres seront préalablement réduits par laminage ou forgeage à un diamètre de 15 millimètres.

Ceux n'ayant pas plus de 15 millimètres de diamètre seront essayés bruts.

Mode d'essai. — Le morceau, d'une longueur de 50 centimètres environ, est chauffé de façon que, sur les 2/3 environ de sa longueur, sa température décroisse, en partant de l'extrémité, du jaune au rouge cerise.

L'extrémité la plus chaude est ensuite repliée sur elle-même jusqu'à bloc sur une longueur aussi courte que possible, puis la barre est re-

tournée et pliée à bloc une seconde fois, en sens inverse, aussi près que possible du premier pli; on fait ainsi quatre plis successifs en retournant la barre à chaque fois de telle sorte que, l'essai terminé, l'éprouvette présente l'aspect indiqué par le croquis ci-contre (*fig.* 1).

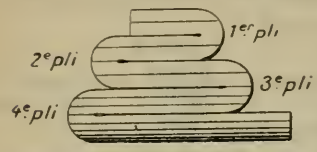


Fig. 1.

L'opération se fait en une seule chaude, au marteau à main aidé du marteau à devant ou du pilon.

Elle est conduite de telle façon que les plis successifs étant faits à des températures successivement décroissantes, le dernier soit terminé au rouge sombre (600° environ).

Résultats. — Aucun des quatre plis ainsi effectués ne doit présenter de crique, gerce ou autre défaut.

ESSAIS A CHAUD ET A FROID

Épreuves de confection de têtes de rivets. — *Prélèvements.* — Morceaux bruts d'environ 150 millimètres de longueur.

Mode d'essai. — Confection de quatre têtes de rivets, dont deux à chaud et deux à froid, par série d'essais.

A chaud (sur toutes les catégories de fers). — En une seule chaude. Le morceau d'essai est chauffé à l'un des bouts, puis refoulé et bouterollé, de façon à produire une tête de rivet sensiblement circulaire, d'un diamètre **D** égal à deux fois et demie le diamètre **d** de la barre essayée et d'une hauteur **H** égale à la moitié de ce même diamètre **d** (*fig.* 2).

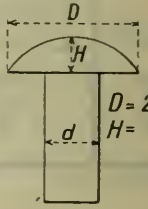


Fig. 2.

A froid (sur les fers des catégories **S** et **T** seulement, et pour les barres d'un diamètre $\leq$ 12 millimètres seulement). — L'extrémité du morceau est rivée en goutte de suif, au marteau à main et à petits coups, de façon à donner à la tête les dimensions **D** et **H** ci-après :

	D MINIMUM	**H** MAXIMA
Pour les barres de diamètre **d** $\leq$ 12 mm.....	1,5 **d**	1/2 **d**

Résultats. — Ces têtes de rivets, dans l'une et l'autre épreuve, doivent être obtenues sans gerçure, crique ou autre défaut.

Profilés et larges plats en fer d'emplois courants.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Deux catégories : fer commun **F 1**, fer ordinaire **F 2**.

Marques de fabrication. — Chaque barre, livrée aux dimensions de commande, sera frappée d'une façon indélébile, à l'une de ses extrémités, de la marque du fournisseur, et des indices **F 1** ou **F 2**.

Fabrication. — Les barres proviendront de paquets bien corroyés, et leur texture ne devra pas présenter de gros grains à facettes.

Aspect extérieur. — *Dressage.* — Les barres seront saines, sans pailles, criques, gerçures, dessoudures, fentes, manque de matière ou autres défauts.

Les rives seront franches, sans bavures, bien ébarbées, les congés bien remplis.

Les barres seront sans ondulations locales et bien dressées sur toute leur longueur.

Les âmes et les ailes seront planes ; les bouts seront affranchis carrément et ébarbés.

Réparations. — Toute trace de réparation, travail au marteau ou au burin, ayant pour but de masquer les défauts, est une cause de rebut. L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels qu'il jugera sans importance pour le bon emploi de la barre.

Tolérances. — Les tolérances admises sont les suivantes :

Dimensions.

Longueur : $-0 + 40$ mm.

Hauteur et largeur : inférieures à 50 mm. : $\pm$ 1 mm. ; égales ou supérieures à 50 mm. : $\pm$ 2 mm.

Épaisseur des âmes et des ailes : inférieures ou égales à 10 mm. : $\pm$ 0mm,5 ; supérieures à 10 mm. : $\pm$ 5 0/0.

Pour les brancards, les tolérances en hauteur sont modifiées comme suit :

$\pm$ 1mm,5 sur la hauteur totale ;

$\pm$ 1/2 mm. sur la hauteur entre les ailes.

Dans ces conditions, l'épaisseur des ailes des brancards peut varier de $\pm$ 1 mm.

Largeur maxima du chanfrein à l'extrémité des ailes des cornières (*fig.* 1) : 3 0/0 de la largeur de l'aile, sauf les cornières dont l'épaisseur dépasse le 1/10e de la largeur et pour lesquelles la tolérance ci-dessus est portée à 8 0/0.

Excentricité de l'âme par rapport à la largeur de l'aile : 1 mm. maximum.

Excentricité. Équerrage. Dressage

Défaut d'équerrage. — des bouts : 5 mm. maximum (*fig.* 2). — des ailes : 1 mm. maximum (*fig.* 3).

Défaut de dressage. — des barres : 5 mm. maximum pour toute la longueur. — de l'âme : 0m/m,5 maximum de flèche transversale.

Ondulation locale : 1 mm. maximum par mètre.

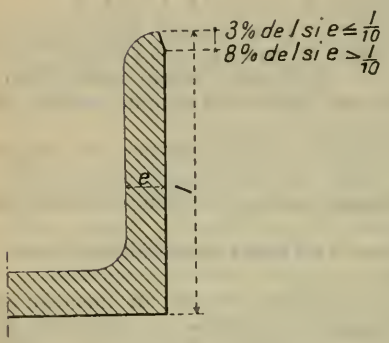


Fig. 1.

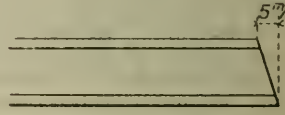


Fig. 2.

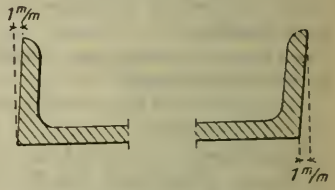


Fig. 3.

En dehors de ces limites, les barres pourront être refusées.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Séries des essais :

Essais à froid.	Essai de traction sur métal à l'état de livraison...	F1 et F2
	Essai de pliage — ...	F2
	Essai de mandrinage — ...	
Essais à chaud	Essai des cornières.....	F2
	Essai de pliages successifs sur les larges plats...	
	Essai de pliage par rabattement sur les profilés..	F1 et F2

Proportion des essais. — Une série d'essais est effectuée par lot de cinquante barres au plus, les barres pouvant être présentées en longueurs multiples avant cisaillage.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des éprouvettes.

Traçage des prélèvements. — Les prélèvements sont tracés, poinçonnés et repérés sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire, suivant le sens du laminage. D'une façon générale, les bandes de prélèvement doivent avoir une largeur supérieure à celle des barreaux d'essais, d'une quantité au moins égale à deux fois leur épaisseur.

Découpage et finissage. — Le découpage et le finissage des barreaux doivent avoir lieu entièrement à froid, aux machines-outils. Les faces de laminage seront conservées chaque fois qu'il sera possible.

Les arêtes des barreaux pour essais de pliage seront légèrement adoucies à la lime, sans congé appréciable.

Poinçons de la Compagnie. — Les barreaux d'essais conserveront les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées, pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAI DE TRACTION

Prélèvements. — Sur les barres d'une épaisseur égale ou supérieure à 5 millimètres.

Forme des éprouvettes. — Les têtes d'attache sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essai ; leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes, sous la condition de ne pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction : têtes excentrées, non symétriques, etc...

Repères. — L'écartement **L** entre repères, pour le relevé de l'allongement, est déterminé par la formule $L = \sqrt{66{,}67\,S}$, **S** étant la section.

Les repères sont croisés à partir de la naissance des congés. La fraction entre ces repères qui servira à calculer l'allongement pour 100 sera celle qui correspondra à la section de rupture.

Dimensions des éprouvettes méplates pour les épaisseurs jusqu'à 30 millimètres.

ÉPAISSEUR en mm.	SECTION en mm²	ÉCARTEMENT entre repères en mm.	LONGUEUR de la partie calibrée en mm.
	Largeur uniforme de 30 millimètres.		
5	150	100	
6	180	110	
7	210	120	
8	240	125	200
9	270	135	
10	300	140	
	Largeur uniforme de 25 millimètres.		
11	275	135	
12	300	140	
13	325	150	
14	350	155	
15	375	160	
16	400	165	200
17	425	170	
18	450	175	
19	475	180	
20	500	185	
	Largeur uniforme de 20 millimètres.		
21	420	170	
22	440		
23	460	175	
24	480	180	
25	500	185	
26	520		200
27	540	190	
28	560	195	
29	580		
30	600	200	

Mode d'essai. — Les charges sont rapportées au millimètre carré de la section primitive.

L'allongement total est relevé en pour 100 après la rupture.

Durée de l'essai. Température. — L'essai a lieu par traction progressive, à la température ambiante. Sa durée, proportionnelle au volume du barreau, sera comprise entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont :

DÉSIGNATION	RÉSISTANCE MINIMA par mm² de la section primitive **S**	ALLONGEMENT MINIMUM 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66{,}67S}$
Fer commun **F 1**.	32 kilogrammes	6
Fer ordinaire **F 2**.	34 —	12

ESSAI DE PLIAGE A FROID

Prélèvements. — Métal à l'état de livraison sur les barres de catégorie **F 2**. Une bande de 40 millimètres de largeur sur 250 millimètres de longueur.

Mode d'essai. — La bande est placée tout d'abord dans la position **ab** (*fig.* 4) sur un empreint dont les faces obliques forment entre elles un angle d'environ 60°. On applique sur le milieu de la bande un coin ou dégorgeoir arrondi suivant un rayon au plus égal à l'épaisseur de la bande et sur lequel on fait agir la presse, le pilon ou le mouton, jusqu'à ce que la bande à essayer ait pris la forme **a'b'**.

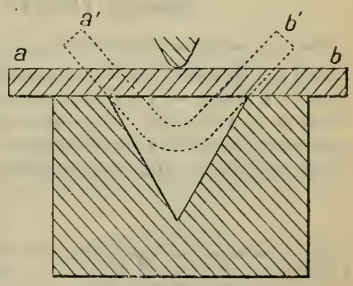


FIG. 4.

Résultats. — Le rayon intérieur sera égal à l'épaisseur et l'angle obtenu à 90°.

Ces pliages doivent être obtenus sans aucune crique, rupture ou défaut quelconque.

ESSAI DE MANDRINAGE A FROID

Prélèvements. — Sur les profilés de catégorie **F 2** dont les ailes ont au moins 60 millimètres de largeur. Morceau de 250 millimètres de longueur.

Mode d'essai. — Un trou de 21 millimètres de diamètre sera percé à froid, à la mèche, dans l'une des ailes du profilé soumis à l'épreuve. Le centre de ce trou sera pointé à 30 millimètres du bord de l'aile et à 100 millimètres de l'une des extrémités.

Résultats. — Ce trou devra pouvoir s'agrandir à froid, jusqu'au diamètre de 30 millimètres, par pénétration d'un poinçon conique (conicité 1 millimètre de diamètre par centimètre de hauteur), sous les chocs successifs d'un marteau ou d'un pilon, sans que, après l'essai, aucune apparence de fissure puisse être constatée sur un point quelconque.

ESSAI A CHAUD DES CORNIÈRES

Prélèvements. — Deux morceaux de 100 millimètres de longueur environ, sur cornières de catégorie **F 2.**

Mode d'essai. — Chaque morceau sera porté au rouge cerise ; l'un sera ouvert et l'autre fermé au marteau ou au pilon, dans les conditions ci-après.

Résultats. — L'angle des deux faces extérieures sera augmenté ou diminué de 60° avant l'apparition de crique ou de gerçure.

ESSAI DE PLIAGES SUCCESSIFS A CHAUD

Prélèvements. — Sur les larges plats en fer de catégorie **F 2.** Une bande de 50 centimètres de longueur et de 3 à 4 centimètres de largeur.

Mode d'essai. — La bande est chauffée de façon que sur les 2/3 environ de sa longueur, sa température décroisse, en partant de l'extrémité, du jaune au rouge cerise.

L'extrémité la plus chaude est ensuite repliée sur elle-même jusqu'à bloc, sur une longueur aussi courte que possible, puis la bande est retournée et pliée à bloc une seconde fois, en sens inverse, aussi près que possible du premier pli ; on fait ainsi quatre plis successifs en retournant la bande à chaque fois, de telle sorte que, l'essai terminé, l'éprouvette présente l'aspect indiqué par le croquis ci-contre (*fig.* 5).

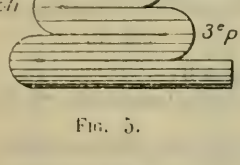


FIG. 5.

L'opération se fait en une seule chaude, au marteau à main aidé du marteau à devant ou du pilon.

Elle est conduite de telle façon que les plis successifs étant faits à des températures successivement décroissantes, le dernier soit terminé au rouge sombre (600° environ).

Résultats. — Aucun des quatre plis ainsi effectués ne doit présenter de crique, gerce ou autre défaut.

ESSAI DE PLIAGE A CHAUD PAR RABATTEMENT

Prélèvements. — Sur les profilés des catégories **F 1** et **F 2**.

Mode d'essai. — 1° Sur les barres T et L, le morceau de 700 millimètres environ est porté au rouge cerise et doit pouvoir supporter, sans fente ni gerçure, un pliage effectué au marteau jusqu'à l'angle indiqué dans le tableau ci-après et dans les figures 6 et 7.

Fig. 6.

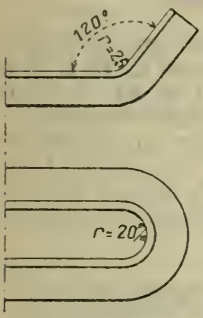
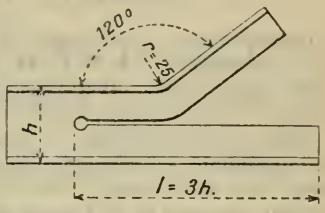


Fig. 7.

2° Sur les barres I et ⊔, le morceau de longueur suffisante est fendu à froid, de façon à diviser l'âme sur une longueur l égale à trois fois la hauteur h du profilé : cette fente est limitée par un trou percé à froid. L'une des branches de l'extrémité fendue doit pouvoir ensuite supporter, à la température du rouge cerise, un pliage effectué au marteau jusqu'à l'angle indiqué ci-après et dans les figures 8 et 9.

Fig. 8.



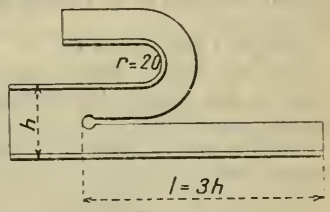


Fig. 9.

Résultats :

DÉSIGNATION	ANGLE obtenu	RAYON de raccordement des deux branches de l'angle	NOMBRE DE CHAUDES Pour effectuer le pliage fixé ci-contre	
Fer **F 1**	120°	25mm	1 chaude pour	L et T au-dessous de 100mm. I et ⊔ au-dessous de 200mm.
			2 chaudes pour	L et T de 100mm et au-dessus. I et ⊔ de 200mm inclus à 300mm exclu.
Fer **F 2**	0°	20mm	3 chaudes pour	I et ⊔ de 300mm et au-dessus.

Aciers de forge en barres, blooms, billettes, largets, etc... d'emplois courants.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Les aciers de forge d'emplois courants sont classés en six catégories : **A**, **B**, **C**, **D**, **E** et **G**, les catégories **C**, **D**, **E** et **G** étant elles-mêmes subdivisées en **C**, **CC**. **D**, **DD**, **E**, **EE** **G** et **GG** suivant les indications données ci-après au paragraphe *Fabrication.*

Marques de fabrication. — Chaque échantillon, livré aux dimensions de commande, sera frappé d'une façon indélébile, à chaud ou à froid, aussi près que possible d'une des extrémités, de la marque du fournisseur, du mois et de l'année de fabrication, ainsi que de son indice de catégorie.

Exemple : **SC. 8.01. CC.**

Pour les barres rondes, ces marques seront frappées au bout de chacune des barres, les surfaces cylindriques ne devant recevoir aucune empreinte.

Pour les barres réunies en bottes, ces marques sont frappées lisiblement sur les liens.

Fabrication. — Sauf prescriptions spéciales contraires stipulées au marché, à la commande ou sur les dessins :

1° Les aciers des catégories **A** et **B** proviendront de coulées obtenues indifféremment au convertisseur ou au four Martin ;

2° Pour les catégories **C**, **CC**, **D**, **DD**, **E**, **EE**, **G** et **GG** :
les lingots proviendront exclusivement de coulées obtenues au four Martin sur sole basique ;

L'emploi, dans les charges, de fontes contenant plus de 0,1 0/0 de phosphore est absolument interdit ;

3° Pour les catégories **C**, **D**, **E** et **G** :
la section du bloom obtenu sera au plus égale à 1/4 de la section du lingot ;

4° Pour les catégories **CC**, **DD**, **EE** et **GG** :
les lingots seront étirés au pilon ou à la presse, de façon que la section du bloom obtenu soit au plus égale à 1/8 de la section du lingot.

Ce coefficient de corroyage sera réduit à 1/4 si le bloom doit avoir une section supérieure à 4 décimètres carrés.

Après ce premier corroyage, on pourra terminer le forgeage au pilon, à la presse ou au laminoir.

5° Pour toutes les catégories sans exception les blooms, billettes ou

barres seront soigneusement affranchis des parties souffleuses ou provenant de la tête et du pied du lingot et de toute trace de la poche de retassement.

Aspect extérieur. — Les aciers de forge seront forgés ou laminés avec soin ; leurs surfaces, unies et saines, ne doivent présenter aucun défaut : fente, crique, gerçure, manque de matière, etc..., pouvant nuire à l'emploi.

Dressage. — Les échantillons seront convenablement dressés sur toute leur longueur.

Bouts affranchis. — Les bouts seront coupés carrément, sans bavures.

Recuits. — Les pièces doivent être recuites si la commande l'indique.

Réparations. — Toute trace de réparation, travail de forge par soudure ou de toute autre manière, ayant pour but de masquer les défauts, est une cause de rebut.

L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels qu'il jugera sans importance pour le bon emploi des aciers.

Tolérances sur les dimensions :

Longueurs. — Pour les barres demandées à longueurs fixes, il ne sera admis, quelles que soient ces longueurs, aucune tolérance en moins ; la tolérance en plus est limitée à 30 millimètres.

Dimensions transversales. — Pour toutes les catégories : ± 2 0/0, sans que cette tolérance puisse dépasser 3 millimètres, ni descendre au-dessous de $0^{mm},3$.

L'ovale des barres rondes est limité à l'écart ci-dessus.

Toutefois, dans les catégories **A**, **B**, **C**, **D**, **E** et **G**, la tolérance en plus est portée à 5 0/0, sans maximum, pour les blooms, billettes et largets.

Pour les barres rondes martelées, la tolérance sera de ± 3 0/0 quels que soient les diamètres, sans que, pour une même barre, l'écart entre les diamètres de deux sections quelconques puisse excéder 3 0/0.

Angles. — Dans les carrés ou plats pour lesquels l'épaisseur atteint ou dépasse 80 millimètres, les angles pourront être légèrement arrondis ; tolérance maxima : $r \leq 4$ 0/0 de l'épaisseur

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

État des échantillons à la présentation. — Les échantillons sont présentés après affranchissement des bouts.

Nature des essais. — Les essais auxquels seront soumis les aciers de forge sont les suivants :

		CATÉGORIES
Essais à froid.	Épreuve de texture.....	Toutes les catégories.
	— de pliage ordinaire...	C, CC, D, DD, E, EE, G, GG.
	— de pliage, soudabilité et trempe.....	A, B.
	— de traction.....	Toutes les catégories.
	— par choc sur barreau.	D, DD, E, EE, G, GG.
Essais à chaud.	— de pliages successifs..	A, B.

Il pourra, en outre, être fait un essai pour déterminer la teneur en phosphore, laquelle ne devra pas excéder 0,06 0/0, quelle que soit la catégorie.

Proportion des essais. — Le nombre des séries d'épreuves à effectuer sur chaque livraison et pour chaque catégorie est proportionné aux tonnages de barres présentées, l'unité de série d'épreuves étant appliquée à 3.000 kilogrammes.

Toute fraction peut donner lieu à une série complète d'essais, au gré de la Compagnie.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des éprouvettes.

Répartition des prélèvements. — Lorsque la réception comportera plusieurs séries d'épreuves, les prélèvements seront, autant que possible, répartis proportionnellement aux tonnages des différentes sections.

Traçage des prélèvements. — Les prélèvements sont tracés, poinçonnés et repérés sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire.

Préparation des éprouvettes. — Les prélèvements seront, suivant leurs sections, essayés soit bruts, soit après découpage ou laminage, dans les conditions définies au chapitre *Modes d'essais.*

Finissage. — Le travail de préparation des barreaux ajustés doit avoir lieu entièrement à froid au moyen de machines-outils, sans aucune opération de martelage, trempe, ni recuit.

Dans les éprouvettes méplates, les faces de laminage seront conservées chaque fois qu'il sera possible ; dans ce cas, les champs seuls sont travaillés.

Les arêtes des barreaux pour essais de pliage seront légèrement adoucies à la lime sans congé appréciable.

Poinçons de la Compagnie. — Les barreaux d'essais conserveront les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après, dans chaque essai, sont des minima absolus. Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAIS A FROID

Épreuve de texture. — *Prélèvements.* — Sur les diverses catégories d'aciers : n'ont lieu que sur les échantillons de sections inférieures à 10.000 millimètres carrés.

Mode d'essai. — Les échantillons entaillés au burin ou à la tranche, sur tout le pourtour de leur section, sont rompus brusquement en porte-à-faux, soit au marteau, soit au pilon.

Résultats. — Les cassures devront être homogènes et sans défauts.

Épreuve de pliage ordinaire. — *Prélèvements.* — Sur les aciers des catégories **CC**, **C**, **D**, **DD**, **E**, **EE**, **G**, **GG** : n'ont lieu que sur les échantillons dont l'épaisseur **e** ou le diamètre **d** est égal ou supérieur à 5 millimètres.

Les échantillons ronds et carrés n'ayant pas plus de 25 millimètres de diamètre ou de côté et les plats n'ayant pas plus de 25 millimètres d'épaisseur et de 40 millimètres de largeur, seront essayés bruts.

Les barres ou échantillons d'épaisseurs ou de diamètres supérieurs à 25 millimètres seront préalablement réduits par laminage ou forgeage en une seule chaude, à l'épaisseur ou au diamètre de 25 millimètres.

Pour les échantillons d'épaisseurs égales ou inférieures à 25 millimètres et dont la largeur sera supérieure à 40 millimètres, les prélèvements seront ramenés, par découpage à chaud et parage à la lime, à une largeur uniforme de 40 millimètres.

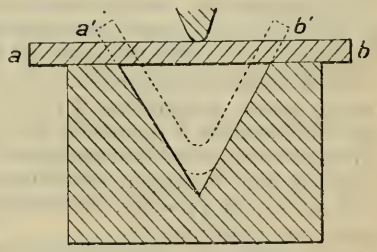


Fig. 1.

Le laminage, forgeage ou découpage doit être suivi de recuit s'il a été fait dans des conditions de nature à écrouir le métal.

Ces divers prélèvements auront une longueur d'environ 250 millimètres.

Mode d'essai. — Le prélèvement est placé tout d'abord dans la position *ab* (*fig.* 1), sur un empreint dont les faces obliques forment

entre elles un angle d'environ 60°. On applique sur le milieu du prélèvement un coin ou dégorgeoir arrondi suivant un rayon au plus égal à l'épaisseur ou au diamètre du barreau et sur lequel on fait agir la presse, le pilon ou le mouton jusqu'à ce que le barreau ait pris la forme *a'b'*. On enlève ensuite l'empreint et les branches sont resserrées à la presse ou au marteau, avec interposition de cales s'il y a lieu.

Résultats :

CATÉGORIES	PLIAGE		ÉCARTEMENT intérieur maximum des branches x
C ou **CC**	à branches parallèles		X
D ou **DD**	—	—	X
E ou **EE**	—	—	1 1/2 X
G ou **GG**	—	—	2 1/2 X

Ces pliages doivent être obtenus sans crique, rupture ou défaut quelconque.

Épreuve de pliage, soudabilité et trempe. — *Prélèvements* (Aciers **A** et **B** seulement). — Sur les échantillons dont d ou e $\geqq$ 5 millimètres. Les barres plates ayant au moins 15 millimètres d'épaisseur et les barres carrées, rondes ou demi-rondes ayant une section inférieure à 200 millimètres carrés, sont essayées sans soudure préalable.

Les échantillons ronds et carrés n'ayant pas plus de 25 millimètres de diamètre ou de côté et les plats n'ayant pas plus de 25 millimètres d'épaisseur et de 40 millimètres de largeur, seront essayés bruts.

Les échantillons d'épaisseurs ou de diamètres supérieurs à 25 millimètres seront préalablement réduits, par laminage ou forgeage, en une seule chaude, à l'épaisseur ou au diamètre de 25 millimètres.

Pour les échantillons d'épaisseurs égales ou inférieures à 25 millimètres et dont la largeur sera supérieure à 40 millimètres, les prélèvements seront ramenés, par découpage à chand, à une largeur uniforme de 40 millimètres.

Ces divers prélèvements auront une longueur d'environ 250 millimètres.

Mode d'essai de soudure. — L'éprouvette sera rompue en son milieu, en deux parties, puis soudée et forgée. Les deux parties doivent être réunies bout à bout par une soudure dite par amorces et à chaude portée.

Chaque amorce à forme convexe, inclinée à 45°, présentera une surface de soudure du double environ de la section droite primitive du barreau.

La soudure devra être obtenue au moyen de deux chaudes, l'une chaude suante, l'autre chaude de ressuée.

L'éprouvette sera ensuite convenablement parée.

Mode de trempe et de pliage. — Les barreaux sont chauffés au rouge cerise un peu sombre (700°) et trempés à l'eau à 28°, le volume d'eau étant considérable par rapport à celui de l'éprouvette.

Après refroidissement, les barreaux seront pliés de la même façon que pour le pliage ordinaire (*fig.* 1), jusqu'au parallélisme des deux branches, avec un écartement intérieur égal à leur diamètre ou épaisseur X (*fig.* 2). Les éprouvettes soudées seront pliées sur le plat de la soudure.

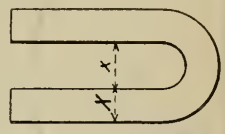


FIG. 2.

Résultats. — Ce pliage doit être obtenu sans décollement, rupture, ni défaut.

Pour s'assurer en outre de la perfection de la soudure, on ouvrira et on fermera alternativement l'angle de pliage, afin de provoquer la rupture qui devra être entièrement saine, sans parties dessoudées.

Épreuve de traction. — *Prélèvements.* — Sur les aciers de toutes catégories et de toutes sections, sauf sur les échantillons d'épaisseur ou de diamètre < 5 millimètres.

En principe, les éprouvettes sont obtenues par ajustage à froid des échantillons.

Si le fournisseur le demande, les échantillons dont le diamètre ou l'épaisseur est ≤ 25 millimètres peuvent être essayés bruts. Les éprouvettes des échantillons dont le diamètre ou l'épaisseur est > 25 millimètres peuvent être obtenues par laminage ou forgeage, en une seule chaude, suivi ou non d'ajustage à froid. Le laminage ou forgeage doit être suivi de recuit s'il a été fait dans des conditions de nature à écrouir le métal.

Forme des éprouvettes. — Les têtes d'attache sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essais : leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes, sous la condition de ne pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction : têtes excentrées, non symétriques, etc...

Dans les éprouvettes cylindriques, les extrémités sont généralement prises entre coins striés.

Dans les éprouvettes méplates, le rayon de raccordement de la partie calibrée aux têtes sera uniformément de 10 millimètres.

Repères. — L'écartement entre repères, pour le relevé de l'allongement, est déterminé par la formule $L = \sqrt{66{,}67\ S}$ (S étant la section);

Ces repères sont croisés à partir de la naissance des congés. La fraction entre ces repères qui servira à calculer l'allongement pour 100 sera celle comprenant la section de rupture.

Dimensions des éprouvettes :

Eprouvettes cylindriques. — Pas plus de 25 millimètres de diamètre. Les dimensions à adopter de préférence sont les suivantes :

	ACIERS A ET B	ACIERS C, CC, D, DD, E, EE, G, GG.
Diamètre	22mm,57	15mm,96
Section	400mm2	200mm2
Ecartement entre repères	165mm	115mm
Longueur de la partie calibree	210mm	147mm

Eprouvettes méplates. — Les éprouvettes méplates sont réunies en plusieurs séries dans chacune desquelles la largeur est constante suivant le groupement ci-après :

Tableau des dimensions des éprouvettes méplates pour les épaisseurs de 5 millimètres à 25 millimètres.

ÉPAISSEUR en mm.	SECTION en mm2.	ÉCARTEMENT entre repères en mm.	LONGUEUR de la partie calibrée en mm.
Largeur uniforme de 30 millimètres.			
5	150	100	200
6	180	110	
7	210	120	
8	240	125	
9	270	135	
10	300	140	

ÉPAISSEUR en mm.	SECTION en mm².	ÉCARTEMENT entre repères en mm.	LONGUEUR de la partie calibrée en mm.
	Largeur uniforme de 25 millimètres.		
11	275	135	
12	300	140	
13	325	150	
14	350	155	
15	375	160	
16	400	165	200
17	425	170	
18	450	175	
19	475	180	
20	500	185	
	Largeur uniforme de 20 millimètres.		
21	420	170	
22	440		
23	460	175	200
24	480	180	
25	500	185	

Durée de l'essai. — Température. — L'essai a lieu par traction progressive à la température ambiante. Sa durée selon le volume du barreau sera comprise entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont indiqués au tableau ci-après :

CATÉGORIES	ESSAIS DE TRACTION A FROID	
	Résistance minima par mm² de la section primitive S	Allongement minimum 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66{,}67S}$
A	35 kilogrammes	30
B	40 —	28
C ou **CC**	45 —	25
D ou **DD**	50 —	22
E ou **EE**	55 —	20
G ou **GG**	70 —	15

Épreuve par choc sur barreau. — *Prélèvements.* — Sur les catégories **D, DD, E, EE, G** et **GG.**

Il n'est pas fait d'essai de choc sur les barres dont le diamètre ou la plus petite dimension de la section est inférieur à 45 millimètres.

Dimensions. — Préparation des éprouvettes. — Les barreaux d'essais auront une section carrée de 30 millimètres de côté et une longueur de 200 millimètres. Ils seront découpés dans la masse et terminés à froid aux machines-outils sans aucune opération ultérieure de trempe ni de recuit. Leurs surfaces et leurs arêtes seront adoucies à la lime.

Mode d'essai. — Chaque barreau placé horizontalement sur deux couteaux espacés de 160 millimètres d'axe en axe et fixés sur une enclume pesant au moins 500 kilogrammes, devra supporter le choc d'un mouton du poids de 50 kilogrammes tombant librement d'une hauteur constante de 3 mètres au milieu de l'intervalle des points d'appui.

La panne du mouton sera terminée par une partie cylindrique à rayon de 15 millimètres environ, sur un développement de 90°.

Après avoir supporté un premier choc, le barreau sera retourné sens dessus dessous et recevra deux chocs consécutifs, puis alternativement deux chocs dans chaque sens jusqu'à rupture.

Résultats. — Les barreaux doivent pouvoir supporter, avant crique ou rupture, les nombres de chocs ci-après :

Catégorie **D** ou **DD** : 9 chocs
— **E** ou **EE** : 6 — } tels qu'ils sont définis ci-dessus.
— **G** ou **GG** : 4 —

Pour se renseigner en outre sur la qualité du métal, l'essai sera toujours poursuivi jusqu'à la rupture du barreau.

ESSAI A CHAUD

Épreuve de pliages successifs. — *Prélèvements.* — (Sur les aciers des catégories **A** et **B**).

N'ont lieu que sur les échantillons dont **d** ou **e** $\geqslant$ 5 millimètres.

Les échantillons de diamètres ou d'épaisseurs supérieurs à 15 millimètres seront préalablement réduits par laminage ou forgeage à un diamètre ou à une épaisseur de 15 millimètres.

Pour les épaisseurs égales ou inférieures à 15 millimètres et dont la largeur sera supérieure à 40 millimètres, les prélèvements sont ramenés par découpage à une largeur uniforme de 40 millimètres.

Les aciers ronds et carrés n'ayant pas plus de 15 millimètres de diamètre ou de côté, et les plats n'ayant pas plus de 15 millimètres d'épaisseur et 40 millimètres de largeur, seront essayés bruts.

Ces divers prélèvements auront une longueur d'environ 50 centimètres.

Mode d'essai. — La barre est chauffée de façon que, sur les 2/3 environ de sa longueur, sa température décroisse, en partant de l'extrémité, du jaune au rouge cerise.

L'extrémité la plus chaude est ensuite repliée sur elle-même jusqu'à bloc, sur une longueur aussi courte que possible, puis la barre est retournée et pliée à bloc une seconde fois, en sens inverse, aussi près que possible du premier pli : on fait ainsi quatre plis successifs en retournant la barre à chaque fois, de telle sorte que l'essai terminé, l'éprouvette présente l'aspect indiqué par le croquis ci-contre (*fig.* 3).

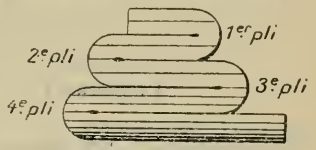


Fig. 3.

L'opération se fait en une seule chaude, au marteau à main aidé du marteau à devant ou du pilon.

Elle est conduite de telle façon que les plis successifs étant faits à des températures successivement décroissantes, le dernier soit terminé au rouge sombre (600° environ).

Résultats. — Aucun des quatre plis ainsi effectués ne doit présenter de crique, gerce ou autre défaut.

Barres rondes en acier pour rivets, boulons et tirants.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Les barres rondes en acier pour rivets, boulons et tirants, sont classées en trois catégories : **H, I** et **K**.

Marques de fabrication. — Chaque barre portera à l'une de ses extrémités la marque du fournisseur, ainsi que l'indice du métal.

Exemple : **SC. H** ou **H. AM** si l'acier est obtenu sur sole.

Ces marques, frappées d'une façon indélébile, seront bien lisibles, sans conditions de profondeur ni de hauteur.

Pour les barres réunies en bottes, ces marques sont frappées sur les liens.

Fabrication. — Les lingots employés à la fabrication de l'acier **H** proviendront de coulées obtenues indifféremment au convertisseur ou au four Martin, à moins d'indications spéciales sur le marché ou la commande.

Les aciers des catégories **I** et **K** seront obtenus comme suit, sauf indications spéciales contraires. Les lingots proviendront exclusivement de coulées obtenues au four Martin sur sole basique. L'emploi dans les charges de fontes phosphoreuses est absolument interdit.

Les lingots devront avoir une section au moins égale à cinquante fois celle de la barre à obtenir.

Après cisaillage, les barres devront être complètement affranchies de toutes parties soufflenses provenant de la tête et du pied du lingot et de toutes traces de la poche de retassement.

Aspect extérieur. — Les surfaces des barres seront saines, sans pailles, cendrures, soufflures, criques, manques et replis de matière, ni autres défauts préjudiciables à l'emploi.

Réparations. — Il ne pourra être toléré aucune réparation de surface.

Dressage. — Les barres seront dressées convenablement.

Bouts affranchis. — Les bouts seront coupés carrément, sans bavures.

Recuit. — Les pièces doivent être recuites si la commande l'indique.

Tolérances sur dimensions. — La section des barres sera uniforme sur toute la longueur.

En dehors des limites ci-après, les barres seront refusées :

Longueurs : ± 100 millimètres lorsque les barres sont commandées à longueur fixe.

Diamètres : ± 1,5 0/0, avec minimum de 1/4 de millimètre, sauf en

ce qui concerne les barres servant à la confection des rivets, pour lesquelles il n'est admis aucune tolérance en plus.

Ovale : limité à l'écart ci-dessus.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Nature des essais. — Les essais auxquels seront soumises les barres sont les suivants :

		CATÉGORIES
Essais à froid.	Epreuve de texture.....	H. I. K.
	— de pliage ordinaire.....	K.
	— de pliage, soudabilité et trempe.....	H. I.
	— de traction.....	H. I. K.
Essais à chaud.	Epreuve de pliage simple.....	K.
	— de pliages successifs.....	H. I.
Essais à chaud et à froid.	Épreuves de confection de têtes de rivet.....	H. I.

Il pourra, en outre, être fait un essai pour déterminer la teneur en phosphore, laquelle ne devra pas excéder 0,05 0/0.

Proportion des essais. — Le nombre de séries d'épreuves à effectuer sur chaque livraison est proportionné aux tonnages de barres présentées, l'unité de série d'épreuves étant fixée à :

2.000 kg. pour la catégorie **H**
et à 1.000 kg. pour les catégories **I** et **K**.

Toute fraction peut donner lieu à une série complète d'essais au gré de la Compagnie.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des éprouvettes.

Répartition des prélèvements. — Lorsque la réception comportera plusieurs séries d'épreuves, les prélèvements seront, autant que possible, répartis proportionnellement à l'importance des lots des diverses sections.

Traçage des prélèvements. — Les prélèvements sont tracés, poinçonnés et repérés sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire.

Préparation des éprouvettes. — Les différentes éprouvettes seront préparées dans les conditions définies au chapitre *Modes d'essais.*

Finissage. — Le travail de préparation des barreaux ajustés doit avoir lieu entièrement à froid, au moyen de machines-outils, sans aucune opération de martelage, trempe, ni recuit.

Poinçons de la Compagnie. — Les barreaux d'essais conserveront les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAIS A FROID

Épreuve de texture. — *Prélèvements.* — Sur les barres de toutes sections des trois catégories.

Mode d'essai. — Les barres entaillées au burin ou à la tranche sont rompues brusquement en porte-à-faux, soit au marteau, soit au pilon.

Résultats. — La cassure doit être homogène et sans défauts.

Épreuve de pliage ordinaire. — *Prélèvements* (Sur l'acier de la catégorie **K**).

N'ont lieu que sur les échantillons dont $d \geqq 5$ millimètres.

Les barres n'ayant pas plus de 25 millimètres de diamètre seront essayées brutes. Celles de diamètres supérieurs à 25 millimètres seront préalablement réduites, par laminage ou forgeage, au diamètre de 25 millimètres.

Mode d'essai. — Les prélèvements d'une longueur de 250 millimètres devront supporter un pliage réalisé sur un empreint au moyen d'un coin ou dégorgeoir arrondi suivant un rayon au plus égal au diamètre du barreau. On admettra tout autre dispositif permettant de plier la barrette à l'angle voulu sur un mandrin présentant le rayon indiqué ci-dessus.

Résultats. — Le pliage réalisé à branches parallèles, avec un écartement intérieur égal au diamètre de la barre, devra être obtenu sans rupture ni crique.

Épreuve de pliage, soudabilité et trempe. — *Prélèvements* (Aciers **II** et **I** seulement). — Sur les échantillons dont $d \geqq 5$ millimètres. Les barres d'un diamètre égal ou inférieur à 15 millimètres seront essayées sans soudure préalable.

Celles n'ayant pas plus de 25 millimètres de diamètre seront essayées brutes.

Les échantillons de diamètres supérieurs à 25 millimètres seront ramenés par laminage ou forgeage au diamètre de 25 millimètres.

Mode d'essai de soudure. — L'éprouvette, d'une longueur de 250 millimètres environ, sera rompue en son milieu en deux parties, puis soudée et forgée. Les deux parties doivent être réunies bout à bout par une soudure dite par amorces et à chaude portée. Chaque amorce, à forme convexe, inclinée à 45°, présentera une surface de soudure du double environ de la section droite primitive du barreau.

La soudure devra être obtenue au moyen de deux chaudes, l'une, chaude suante, l'autre, chaude de ressuée.

L'éprouvette sera ensuite convenablement parée.

Mode de trempe et de pliage. — Les barreaux sont chauffés au rouge cerise un peu sombre (700°) et trempés à l'eau à 28°, le volume d'eau étant considérable par rapport à celui de l'éprouvette.

Après refroidissement, les barreaux seront pliés de la même façon que pour le pliage ordinaire.

Résultats. — Pliage à bloc, sur le plat de la soudure, sans crique — diamètre maximum de l'œil : 5 millimètres.

Épreuve de traction. — *Prélèvements.* — Les barreaux seront essayés bruts ou terminés à froid au tour.

Forme des éprouvettes. — Les têtes d'attache sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essais ; leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes sous la condition de ne pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction : têtes excentrées, non symétriques, etc...

Repères. — L'écartement entre repères, pour le relevé de l'allongement, est déterminé par la formule $L = \sqrt{66{,}67S}$ (S étant la section). Ces repères seront croisés à partir de la naissance des congés. La fraction entre les repères qui servira à calculer l'allongement pour 100 sera celle comprenant la section de rupture.

Dimensions des éprouvettes. — Les ronds de 25 millimètres de diamètre et au-dessous peuvent être essayés bruts si le fournisseur le désire, les extrémités généralement prises entre coins striés.

Pour les barres de diamètres supérieurs à 25 millimètres, l'éprouvette sera cylindrique avec longueur calibrée, façonnée au tour et extrémités généralement prises entre coins striés.

L'éprouvette-type à prendre de préférence, en ce dernier cas, est la suivante :

Diamètre	$22^{mm},57$
Section	400^{mm2}
Ecartement entre repères	165^{mm}
Longueur de la partie calibrée	210^{mm}

CATÉGORIES	ESSAIS DE TRACTION A FROID	
	Résistance minima par mm² de la section primitive S	Allongement minimum 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66{,}67S}$
H	36 kilogrammes	22
I	38 —	28
K	50 —	21

Durée de l'essai. — Température. — L'essai a lieu par traction progressive, à la température ambiante. Sa durée, selon le volume du barreau, sera comprise entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont indiqués au tableau ci-dessus.

ESSAIS A CHAUD

Épreuve de pliage simple. — *Prélèvements* (Sur l'acier **K** seulement). — N'ont lieu que sur les échantillons dont $d \geqslant 5$ millimètres.

Les échantillons de diamètres supérieurs à 15 millimètres seront préalablement réduits par laminage ou forgeage à un diamètre de 15 millimètres.

Ceux n'ayant pas plus de 15 millimètres de diamètre seront essayés bruts.

Mode d'essai. — Le morceau, d'une longueur de 400 millimètres environ, est chauffé au rouge cerise et plié sur l'enclume à l'aide du marteau à main.

L'opération se fait en une seule chaude.

Résultats. — Deux pliages inverses, à 90°, effectués au même point et suivis de redressements.

Après essai, le morceau ne doit présenter aucun défaut apparent.

Epreuve de pliages successifs. — *Prélèvements* (Sur les aciers **H** et **I**). — N'ont lieu que sur les échantillons dont $d \geqslant 5$ millimètres.

Les échantillons de diamètres supérieurs à 15 millimètres seront préalablement réduits par laminage ou forgeage à un diamètre de 15 millimètres.

Ceux n'ayant pas plus de 15 millimètres de diamètre seront essayés bruts.

Mode d'essai. — Le morceau, d'une longueur de 50 centimètres environ, est chauffé de façon que, sur les 2/3 environ de sa longueur,

sa température décroisse, en partant de l'extrémité, du jaune au rouge cerise.

L'extrémité la plus chaude est ensuite repliée sur elle-même jusqu'à bloc sur une longueur aussi courte que possible, puis la barre est retournée et pliée à bloc une seconde fois, en sens inverse, aussi près que possible du premier pli ; on fait ainsi quatre plis successifs en retournant la barre à chaque fois, de telle sorte que, l'essai terminé, l'éprouvette présente l'aspect indiqué par le croquis ci-contre (*fig.* 1).

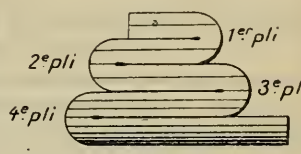


Fig. 1.

L'opération se fait en une seule chaude au marteau à main aidé du marteau à devant ou du pilon.

Elle est conduite de telle façon que les plis successifs étant faits à des températures successivement décroissantes, le dernier soit terminé au rouge sombre (600° environ).

Résultats. — Aucun des quatre plis ainsi effectués ne doit présenter de crique, gerce ou autre défaut.

ESSAIS A CHAUD ET A FROID

Épreuves de confection de têtes de rivets. — *Prélèvements* (sur les aciers **II** et **I**). — Morceaux bruts d'environ 150 millimètres de longueur.

Mode d'essai. — Confection de quatre têtes de rivets, dont deux à chaud et deux à froid, par série d'essais.

A chaud. — En une seule chaude. Le morceau d'essai est chauffé à l'un des bouts, puis refoulé et bouterollé, de façon à produire une tête de rivet sensiblement circulaire, d'un diamètre **D** égal à deux fois et demi le diamètre **d** de la barre essayée et d'une hauteur **H** égale à la moitié de ce même diamètre **d** (*fig.* 2).

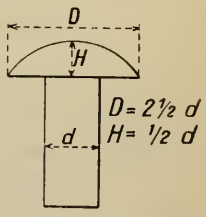


Fig. 2.

A froid. — L'extrémité du morceau est rivée en goutte de suif, au marteau à la main et à petits coups, de façon à donner à la tête les dimensions **D** et **H** ci-après :

	D MINIMUM	H MAXIMA
Pour les barres de diamètres $d \leq 22$ mm...	1,5 d	1/2 d
— — $d > 22$ mm...	11 mm. + d	1/2 d

Résultats. — Ces têtes de rivets, dans l'une et l'autre épreuve, doivent être obtenues sans gerçure, crique ou autre défaut.

Profilés et larges plats en acier d'emplois courants

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Deux catégories : acier **A-1** ; acier **A-2**.

Marque de fabrication. — Chaque barre, livrée aux dimensions des commandes, sera frappée d'une façon indélébile, à l'une de ses extrémités, de la marque du fournisseur, et des indices **A-1** ou **A-2**.

Fabrication. — L'acier sera de bonne qualité : les barres laminées, avec soin, seront affranchies convenablement de la tête et de la culée du lingot.

Aspect extérieur. — Dressage. — Les barres seront saines, sans pailles, criques, gerçures, fentes, manque de matière ou autres défauts.

Les rives seront franches, sans bavures, bien ébarbées ; les congés bien remplis.

Les barres seront sans ondulations locales et bien dressées sur toute leur longueur.

Les âmes et les ailes seront planes ; les bouts seront affranchis carrément et ébarbés.

Réparations. — Toute trace de réparation, travail au marteau ou au burin, ayant pour but de masquer les défauts, est une cause de rebut. L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels qu'il jugera sans importance pour le bon emploi de la barre.

Tolérances. — Les tolérances admises sont les suivantes :

Dimensions.

Longueur : — 0 + 40 mm.

Hauteur et largeur : inférieures à 50 mm. : ± 1 mm. ; égales ou supérieures à 50 mm. : ± 2 mm.

Épaisseur des âmes et des ailes : inférieures ou égales à 10 mm. : ± 0mm,5 ; supérieures à 10 mm. : ± 5 0/0.

Pour les brancards, les tolérances en hauteur sont modifiées comme suit :

± 1mm,5 sur la hauteur totale ;

± 1/2 mm. sur la hauteur entre les ailes

Dans ces conditions, l'épaisseur des ailes des brancards peut varier de ± 1 mm.

Largeur maxima du chanfrein à l'extrémité des ailes des cornières (*fig.* 1) : 3 0/0 de la largeur de l'aile, sauf les cornières dont l'épaisseur dépasse le 1/10e de la largeur et pour lesquelles la tolérance ci-dessus est portée à 8 0/0.

Excentricité, Équerrage, Dressage :

- Excentricité de l'âme par rapport à la largeur de 1 mm. maximum.
- Défaut d'équerrage : des bouts : 5 mm. maximum (*fig.* 2). — des ailes : 1 mm. maximum (*fig.* 3).
- Défaut de dressage : des barres : 5 mm. maximum pour toute la longueur. — de l'âme : 0mm,5 maximum de flèche transversale.
- Ondulation locale : 1 mm. maximum par mètre.

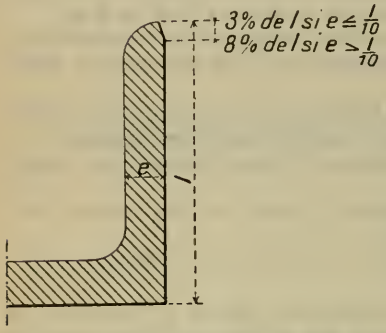


Fig. 1.

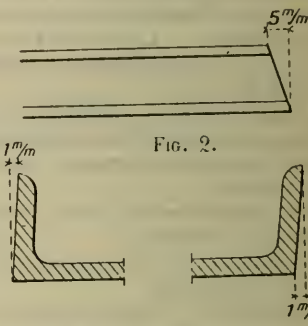


Fig. 2.

Fig. 3.

En dehors de ces limites, les barres pourront être refusées.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Série des essais :

Essais à froid :
- Essai de traction sur métal à l'état de livraison.
- Essai de pliage —
- Essai de mandrinage —

Essai à chaud : Essai de pliages successifs.

} **A-1** et **A-2**.

Proportion des essais. — Une série d'essais est effectuée par lot de cinquante barres au plus, les barres pouvant être présentées en longueurs multiples, avant cisaillage.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des éprouvettes.

Traçage des prélèvements. — Les prélèvements sont tracés, poinçonnés et repérés sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire, suivant le sens du laminage.

D'une façon générale les bandes de prélèvement doivent avoir une largeur supérieure à celle des barreaux d'essais, d'une quantité au moins égale à deux fois leur épaisseur.

Découpage et finissage. — Le découpage et le finissage des barreaux doivent avoir lieu entièrement à froid, aux machines-outils, sans aucune opération ultérieure de trempe, ni recuit. Les faces de laminage seront conservées chaque fois qu'il sera possible.

Les arêtes des barreaux pour essai de pliage seront légèrement adoucies à la lime, sans congé appréciable.

Poinçons de la Compagnie. — Les barreaux d'essais conserveront les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essai. Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées, pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAI DE TRACTION

Prélèvements. — Sur les barres d'une épaisseur égale ou supérieure à 5 millimètres.

Forme des éprouvettes. — Les têtes d'attache sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essai ; leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes, sous la condition de ne pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction : têtes excentrées, non symétriques, etc.

Repères. — L'écartement **L** entre repères, pour le relevé de l'allongement, est déterminé par la formule $L = \sqrt{66{,}67\ S}$, **S** étant la section.

Les repères sont croisés à partir de la naissance des congés. La fraction entre ces repères, qui servira à calculer l'allongement p. 100, sera celle qui correspondra à la section de rupture.

Dimensions des éprouvettes méplates pour les épaisseurs jusqu'à 30 millimètres.

ÉPAISSEUR en mm.	SECTION en mm².	ÉCARTEMENT entre repères en mm.	LONGUEUR de la partie calibrée en mm.
	Largeur uniforme de 30 millimètres.		
5	150	100	200
6	180	110	
7	210	120	
8	240	125	
9	270	135	
10	300	140	
	Largeur uniforme de 25 millimètres.		
11	275	135	200
12	300	140	
13	325	150	
14	350	155	
15	375	160	
16	400	165	
17	425	170	
18	450	175	
19	475	180	
20	500	185	
	Largeur uniforme de 20 millimètres.		
21	420	170	200
22	440		
23	460	175	
24	480	180	
25	500	185	
26	520		
27	540	190	
28	560	195	
29	580	200	
30	600		

Mode d'essai. — Les charges sont rapportées au millimètre carré de la section primitive.

L'allongement total est relevé en pour 100 après la rupture.

Durée de l'essai. — Température. — L'essai a lieu par traction progressive, à la température ambiante. Sa durée, proportionnelle au volume du barreau, sera comprise entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont :

CATÉGORIES	RÉSISTANCE MINIMA par mm² de la section primitive S	ALLONGEMENT MINIMUM 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66{,}67S}$
Acier **A-1**...	35 kilogrammes	28
Acier **A-2**...	38 —	23

ESSAI DE PLIAGE A FROID

Prélèvements. — Métal à l'état de livraison, sur les profilés et larges plats. Une bande de 40 millimètres de largeur sur 250 millimètres de longueur.

Mode d'essai. — La bande est placée tout d'abord dans la position **ab** (*fig.* 4) sur un empreint dont les faces obliques forment entre elles un angle d'environ 60°.

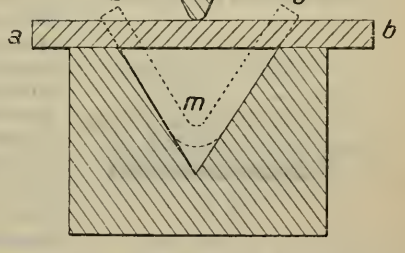


Fig. 4.

On applique sur le milieu de la bande un coin ou dégorgeoir arrondi suivant un rayon au plus égal à l'épaisseur de la bande et sur lequel on a fait agir la presse, le pilon ou le mouton, jusqu'à ce que la bande à essayer ait pris la forme a'b'. On relève ensuite l'empreint et les branches sont resserrées, ou pliées à bloc, suivant le cas, à la presse ou au marteau, avec interposition de cales s'il y a lieu.

Résultats. — Les bandes prélevées dans la catégorie d'acier **A-1** doivent supporter le pliage à bloc, et celles prélevées dans la catégorie d'acier **A-2** doivent pouvoir être pliées suivant un rayon intérieur égal à l'épaisseur, les branches étant parallèles.

Ces pliages doivent être obtenus sans aucune crique, rupture ou défaut quelconque.

ESSAI DE MANDRINAGE A FROID

Prélèvements. — Sur les profilés dont les ailes ont au moins 60 millimètres de largeur. Morceau de 250 millimètres de longueur.

Mode d'essai. — Un trou de 21 millimètres de diamètre sera percé à froid, à la mèche, dans l'une des ailes du profilé soumis à l'épreuve. Le centre de ce trou sera pointé à 30 millimètres du bord de l'aile et à 100 millimètres de l'une des extrémités.

Résultats. — Ce trou devra pouvoir s'agrandir à froid, jusqu'au diamètre de 35 millimètres par pénétration d'un poinçon conique (conicité 1 millimètre de diamètre par centimètre de hauteur), sous les chocs successifs d'un marteau ou d'un pilon, sans que, après l'essai, aucune apparence de fissure puisse être constatée sur un point quelconque.

ESSAI DE PLIAGES SUCCESSIFS A CHAUD

Prélèvements. — Sur les profilés et les larges plats. Une bande de 50 centimètres de longueur et de 3 à 4 centimètres de largeur.

Mode d'essai. — La bande est chauffée de façon que sur les 2/3 environ de sa longueur, sa température décroisse, en partant de l'extrémité, du jaune au rouge cerise.

L'extrémité la plus chaude est ensuite repliée sur elle-même jusqu'à bloc, sur une longueur aussi courte que possible, puis la bande est retournée et pliée à bloc une seconde fois, en sens inverse, aussi près que possible du premier pli; on fait ainsi quatre plis successifs en retournant la bande à chaque fois, de telle sorte que l'essai terminé, l'éprouvette présente l'aspect indiqué par le croquis ci-contre (*fig.* 5).

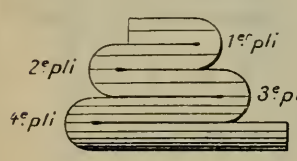


Fig. 5.

L'opération se fait en une seule chaude, au marteau à main aidé du marteau à devant ou du pilon.

Elle est conduite de telle façon que les plis successifs étant faits à des températures successivement décroissantes, le dernier soit terminé au rouge sombre (600° environ).

Résultats. — Aucun des quatre plis ainsi effectués ne doit présenter de crique, gerce ou autre défaut.

Barres d'aciers à ressorts.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Les barres d'acier destinées à la fabrication des ressorts sont, au point de vue de la qualité, classées en quatre catégories désignées par les lettres A, B, C, D.

Marques de fabrication. — Chaque barre, aussi près que possible de l'une de ses extrémités, sera frappée d'une façon indélébile : du numéro de coulée, de la marque du fournisseur, du mois et de l'année de fabrication, ainsi que de la lettre indiquant la qualité ou catégorie de l'acier. Ex. : 250 IY. 1.04.A.

Fabrication. — Les barres pour ressorts seront en acier fondu au creuset ou en acier fondu au four Martin.

L'emploi, dans les charges, de fontes contenant plus de 0,1 0/0 de phosphore, est absolument interdit.

Aspect. — Les barres seront laminées avec le plus grand soin ; leurs surfaces seront lisses, sans criques, pailles, bavures, manque de matière ou défaut quelconque susceptible de nuire à leur résistance et à leur aspect.

Les sections des barres laminées seront conformes pour la forme et les dimensions, aux indications des dessins.

Les barres présenteront une largeur et une épaisseur parfaitement uniformes. Aucun bombement ne sera admis sur la largeur, mais on pourra tolérer une concavité indiquée ci-après.

Les nervures et rainures, si le type en comporte, seront profilées exactement et situées bien au milieu de la largeur.

Dressage. — Les barres seront bien dressées à plat et sur champ.

Affranchissements des bouts. — Les bouts des barres seront cisaillés franchement et non égrénés.

Calibrage du profil. — Les profils, les dimensions, la position des nervures et rainures, ainsi que les concavités des faces, seront vérifiés aux calibres, ou de toute autre manière suffisamment précise.

Tolérances sur dimensions. — Les tolérances sont les suivantes :

Longueur minima des barres commandées à longueur commerciale : 5 mètres.

(En dehors des barres ayant servi aux prélèvements des essais, on tolérera 10 0/0 de barres dont les longueurs seront comprises entre 3 et 5 mètres.)

Longueur des barres commandées à longueur fixe..... $\begin{cases} -0 \\ +5^{mm} \end{cases}$

Largeur des barres	$\begin{cases} + \\ - \end{cases}$ 0mm,5
Épaisseurs aux bords	$\begin{cases} + \\ - \end{cases}$ 0mm,2
Bombement transversal des faces	0
Concavité transversale des faces (au total pour les deux faces)	0mm,3
Dimensions des nervures et rainures	$\begin{cases} + \\ - \end{cases}$ 0mm,25

Position des nervures et rainures : elles auront rigoureusement le même plan diamétral, et leurs axes ne devront pas être excentrés de plus de 0mm,3 par rapport à l'axe de la barre.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

État des barres à la présentation en recette. — Les barres de chaque coulée seront présentées séparément, groupées par échantillons différents.

Nature et proportion des essais. — Les essais auxquels sont soumises les barres sont les suivants :

NATURE DES ESSAIS		CATÉGORIES	PROPORTION DES ESSAIS
Essai de flexion et de flexibilité Essai de contre-flexion Essai de choc.	Lames trempées et recuites dans les mêmes conditions que les lames de ressorts.	A, B, C, D.	Deux séries d'essais par coulée ou par lot de 100 barres.
Essai de pliage sur trous		D	Un essai par coulée ou par lot de 100 barres.

On choisira, si possible, dans chaque coulée, des barres de sections différentes.

Il pourra, en outre, être fait un essai pour déterminer la teneur en phosphore, laquelle ne devra pas excéder 6 dix-millièmes (0,06 0/0).

Chapitre III. — Prélèvement et préparation des éprouvettes.

Traçage des prélèvements. — Les prélèvements sont tracés, poinçonnés et repérés sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire.

Cisaillage des prélèvements. — Les prélèvements d'essais sont effectués par cisaillage. Si, pendant cette opération, des éclats, fentes ou criques imputables à un défaut de fabrication de l'acier se produisent, toutes les barres de la coulée correspondante pourront être refusées.

Poinçons de la Compagnie. — Les prélèvements d'essais conserveront les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir indiqués ci-après dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAI DE FLEXION

Prélèvements. — Chaque lame d'essai aura une longueur de 1030 millimètres (voir *fig.* 1) et sera coupée d'équerre.

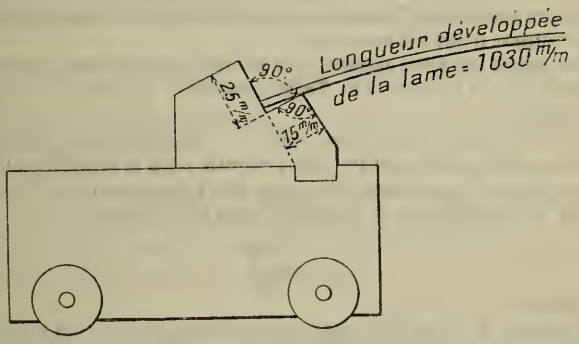


Fig. 1.

Préparation de la lame. — La lame sera cintrée à chaud de manière à présenter une flèche supérieure de 40 millimètres au plus à la flèche **f** correspondant à l'allongement élastique demandé.

Dans le cas de barres rainées, la nervure devra se trouver sur la face convexe.

La flèche **f**, exprimée en millimètres, aura été calculée *a priori* au moyen de la formule :

$$f = \frac{iL^2}{6h},$$

dans laquelle i représente l'allongement élastique qui est fixé à :

0,006	pour l'acier	A,
0,007	—	B,
0,0075	—	C,
0,008	—	D,

L, la longueur totale de la lame exprimée en millimètres et égale à 1030,

et h son épaisseur réelle exprimée en millimètres, laquelle peut différer de l'épaisseur h_0, prévue à la commande, pourvu qu'elle reste dans les limites indiquées à l'article *Tolérances.*

Aussitôt après cintrage, la lame sera trempée et recuite, puis dégauchie, s'il y a lieu, en profitant de la chaleur que lui a laissée le recuit. Après cette préparation, la lame devra encore présenter une flèche supérieure d'au moins 10 millimètres à la flèche f.

Ces opérations ont lieu dans les conditions de fabrication du ressort monté et d'après les procédés adoptés par l'usine.

Flexion préalable. — La convexité étant tournée vers le haut, on fera reposer la lame sur deux couteaux, disposés suivant croquis ci-dessus (*fig.* 1) et portés par des chariots entièrement libres ; puis on la soumettra, en son milieu, à une charge préalable provoquant une flexion f calculée comme il est dit plus haut.

La lame ayant été ainsi laissée en tension pendant cinq minutes, on la déchargera et on mesurera la flèche conservée qui sera prise comme flèche d'origine.

Épreuve de flexion proprement dite. — Après cette préparation, la lame reposant toujours sur les deux appuis sera graduellement chargée, à une vitesse uniforme d'environ 500 kilogrammes à la minute, sans arrêt ni suppression de charge, jusqu'à la flexion :

$$f_0 = \frac{iL_0^2}{6h},$$

dans laquelle :

i est, comme il a été dit plus haut, l'allongement élastique fixé pour la catégorie d'acier considérée ;

L_0, la longueur de lame soumise à l'essai, exprimée en millimètres et égale à 1000 ;

h l'épaisseur réelle de la lame exprimée en millimètres, laquelle peut différer de l'épaisseur h_0 prévue à la commande, pourvu qu'elle reste dans les limites indiquées à l'article *Tolérances.*

La charge P_0 correspondant à la flexion f_0 ci-dessus, sera maintenue pendant une minute, puis enlevée, et la lame devra alors reprendre exactement sa flèche d'origine.

Si cette condition est satisfaite, l'épreuve sera continuée en augmentant la charge P_0 ci-dessus de quantités successivement décrois-

santes (50 en 50 kilogrammes, 25 en 25 kilogrammes) ; mais on enlèvera chaque fois la charge, afin de pouvoir mesurer la flèche et saisir le moment où une perte de flèche permanente commencera à se produire.

La limite d'élasticité sera considérée comme atteinte, lorsque cette perte de flèche sera au plus égale à $0^{mm},5$.

Allongement élastique. — L'allongement élastique i_1 sera calculé au moyen de la formule $i_1 = \frac{6 f_1 h_0}{L_0^2}$ dans laquelle on prendra pour f_1 la valeur de la flexion produite par la charge P_1 précédant immédiatement celle qui a provoqué une perte de flèche permanente de $0^{mm},5$.

On devra trouver ainsi, pour l'allongement élastique, des valeurs i_1 au moins égales à :

0,006	pour l'acier	A,
0,007	—	B,
0,0075	—	C.
0,008	—	D.

Flexibilité. — La flexibilité $\frac{f_1}{P_1}$ doit d'ailleurs avoir, à $\pm$ 8 pour 100 près, une valeur égale à $\frac{L_0^3}{4 E b_0 h_0^3}$, expression dans laquelle :

L_0 est la longueur de lame soumise à l'essai exprimée en millimètres et égale à 1.000 ;

E est 20000 ;

b_0 et h_0 sont la largeur et l'épaisseur de la lame exprimées en millimètres, telles qu'elles sont prévues à la commande et dont les dimensions réelles peuvent différer, pourvu qu'elles restent dans les limites indiquées à l'article « Tolérances ».

ESSAI DE CONTRE-FLEXION

Mode d'essai. — L'essai sera poursuivi au moyen de charges progressives, différant entre elles de quantités décroissantes, jusqu'à ce que la flexion totale ait atteint 3/2 de la flèche de fabrication.

Résultats. — Cette flexion devra être atteinte sans que la rupture se produise.

ESSAI DE CHOC

Prélèvements. — Sur la barre choisie pour essai, on prélèvera une barrette de 200 millimètres de longueur, qui restera droite et qui

sera trempée et recuite dans les mêmes conditions que la lame ayant servi à l'essai de flexion.

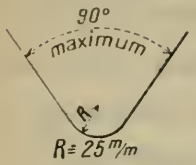


Fig. 2.

Mode d'essai. — Cette barrette, placée horizontalement sur deux appuis distants de 100 millimètres et reposant eux-mêmes sur une chabotte non élastique, sera soumise en son milieu et sans retournement aux chocs d'un mouton guidé pesant 50 kilogrammes.

La panne de ce mouton sera en acier trempé et recuit ; elle aura la forme du croquis ci-contre (*fig.* 2).

La hauteur de chute H sera déterminée en centimètres à l'aide de la formule : $H = \frac{S}{4}$, dans laquelle S représente la section de la barrette en millimètres carrés.

On pourra tolérer l'emploi d'un mouton d'un poids Q un peu différent de 50 kilogrammes, à condition que sa hauteur de chute H' soit déterminée par la formule : QH' = 50 H.

Résultats. — La barrette doit résister sans criques ni rupture, à :

2	chocs	pour l'acier	A,
2	—	—	B,
2	—	—	C,
6	—	—	D.

L'essai sera poursuivi jusqu'à rupture, en notant le nombre de coups que la barrette aura supportés.

ESSAI DE PLIAGE SUR TROUS

Prélèvements. — Sur l'acier D seulement. Morceau de 200 millimètres de longueur percé à la mèche de 1 trou (acier plat) ou 2 trous (acier raîné), de 10 millimètres de diamètre (*fig.* 3), chauffé à une température atteignant au moins le jaune orange, trempé à l'eau à 28° et recuit.

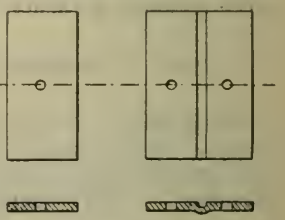


Fig. 3.

Mode d'essai. — Le morceau, après refroidissement, est plié transversalement à l'endroit des trous, jusqu'à l'apparition de criques.

Résultats. — Les criques doivent montrer une texture claire, sans défauts.

Les textures bleues ou noires indiquent que le métal s'est tapé à la trempe ou au recuit et sont une cause de rebut.

Tôles d'acier d'usages courants autres que les tôles de chaudières et les tôles à panneaux

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Les tôles d'acier d'usages courants autres que les tôles de chaudières et les tôles à panneaux, sont classées en quatre catégories : **C, D, E** et **H**.

Lorsqu'il s'agira de tôles pour longerons, les commandes et les dessins mentionneront, outre la catégorie, l'usage de ces tôles.

Marques de fabrication. — Chaque feuille livrée aux dimensions de commande sera frappée, d'une façon indélébile, de la marque du fournisseur, du mois et de l'année de fabrication, ainsi que de l'indice de catégorie.

Exemple : **SC. 8-99. C.**

Les tôles pour longerons porteront, en outre, le numéro de la coulée.

Exemple : **352. SC. 8-99. E.**

Fabrication. — Les tôles **C** et **D** seront, suivant les indications de la Compagnie, obtenues en laminant des lingots fabriqués, soit au four Martin à sole basique, soit, au choix du fournisseur, sur sole ou convertisseur.

Les tôles **E** et **H** seront obtenues en laminant des lingots fabriqués exclusivement au four Martin à sole basique.

L'emploi, dans les charges au four Martin, de fontes contenant plus de 0,1 0/0 de phosphore, est absolument interdit.

Aspect extérieur. Laminage. — Les tôles des quatre catégories seront parfaitement laminées et cisaillées ; elles présenteront des surfaces planes, unies et propres, sans ondulations, exemptes entièrement de stries, soufflures, gales ou manques de matière, criques, gerçures, gravelures et défauts d'aucune sorte.

Réparations. — Toute trace de réparation, travail au marteau ou au burin, ayant pour but de masquer les défauts, est une cause de rebut.

L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels, qu'il jugera sans importance pour le bon emploi de la tôle.

Recuit. — Le recuit est obligatoire. Il doit être fait en vase clos pour les tôles d'épaisseur égale ou inférieure à trois millimètres.

Les dimensions des tôles recuites en vases clos seront, au maximum, de $1^{m},00 \times 2^{m},00$.

Tolérances sur les dimensions de surface. — Aucune tolérance *en moins* n'est admise sur les dimensions de surface fixées par les commandes, les dessins ou les nomenclatures ; la tolérance *en plus* est limitée, *au maximum*, à 1 centimètre pour les tôles d'épaisseur au-dessous de 12 millimètres et à 2 centimètres pour les tôles d'épaisseur de 12 millimètres et au-dessus.

Au delà, toutes les autres conditions étant remplies et après entente avec la Compagnie, les feuilles plus grandes pourront encore être admises, mais le poids du métal en excédent ne sera pas payé au fournisseur.

Tolérances sur les épaisseurs. — Les épaisseurs des tôles seront aussi uniformes et régulières que possible, les tolérances admises étant *au maximum* celles indiquées ci-après :

ÉPAISSEURS en millimètres	TOLÉRANCES EN PLUS — Largeurs			TOLÉRANCES EN MOINS — Largeurs		
	inférieures à 1m,500	de 1m,500 à 1m,999	de 2 m. et au-dessus	inférieures à 1m,500	de 1m,500 à 1m,999	de 2 m. et au-dessus
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Au-dessous de 2mm	0,2	0,3	»	0,2	0,2	»
De 2mm à 3mm,9	0,3	0,4	»	0,2	0,2	»
— 4 à 5 ,9	0,4	0,5	»	0,2	0,2	»
— 6 à 7 ,9	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,3
— 8 à 9 ,9	0,5	0,7	0,9	0,3	0,3	0,3
— 10 à 11 ,9	0,5	0,7	0,9	0,4	0,4	0,4
— 12 à 13 ,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,5	0,5
— 14 à 15 ,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,5	0,5
— 16 à 17 ,9	0,5	0,7	1,0	0,5	0,5	0,5
— 18 à 19 ,9	0,6	0,8	1,1	0,5	0,5	0,5
— 20 à 21 ,9	0,7	0,9	1,2	0,5	0,5	0,5
— 22 à 23 ,9	0,8	1,0	1,3	0,5	0,5	0,5
— 24 à 25 ,9	0,9	1,1	1,4	0,5	0,5	0,5
— 26 et au-dessus	1,0	1,2	1,5	0,5	0,5	0,5

Toute variation d'épaisseur dépassant ces limites pourra donner lieu au rebut des tôles.

Tolérance de dressage des longerons. — Il pourra être toléré une

flèche maxima de 6 millimètres par mètre pour les ondulations transversales et de 4 millimètres par mètre pour toutes les autres ondulations.

Chapitre I. — Nature et proportion des essais.

État des tôles à la présentation en recette. — Les tôles seront présentées après recuit, tracées, mais non cisaillées (*sauf pour les tôles recuites en vases clos, qui, à la volonté du fournisseur, peuvent être cisaillées avant recuit*), avec des excédents de surface offrant des parties saines suffisantes pour permettre tous les prélèvements d'essais. Le traçage devra être conduit de telle façon qu'après cisaillage les tôles soient complètement affranchies de toutes parties souffleuses provenant de la tête et du pied du lingot et de toute trace de la poche de retassement.

Nature des essais. — Les essais auxquels seront soumises les tôles sont les suivants :

Essais de traction : Sur les tôles **C**, **D**, **E** et **H**, à l'exclusion toutefois des tôles ayant une épaisseur inférieure à trois millimètres

Essais de pliage à froid à l'état de livraison : Sur les tôles **C**, **D**, **E** et **H**.

Essais de texture : Seulement sur les tôles de longerons.

Essais de pliages successifs à chaud : Sur les tôles **D**, **E** et **H** autres que les tôles de longerons.

Il pourra en outre être fait, pour les tôles **D**, **E** et **H**, un essai pour déterminer la teneur en phosphore, laquelle ne devra pas excéder quatre dix-millièmes (0,04 0/0). Cette tolérance serait portée à 0,06 0/0 pour les tôles de la catégorie **D** fabriquées au convertisseur.

Proportion des essais. — 1° Sur les tôles (autres que les tôles pour longerons) :

	C	D	E	H
	feuilles	feuilles	feuilles	feuilles
Essais de traction (sur éprouvettes découpées dans le sens perpendiculaire au laminage) : 1 essai par lot de.....	50	20	20	20
Essai de pliage à froid à l'état de livraison (sur éprouvettes découpées dans le sens perpendiculaire au laminage) : 1 essai par lot de.....	50	20	20	20
Essais de pliages successifs à chaud (sur éprouvettes découpées dans le sens du laminage) : 1 essai par lot de.....	Néant	20	20	20
Détermination de la teneur en phosphore : 1 essai.....	Néant	par coulée	par coulée	par coulée

2° Sur les tôles pour longerons :

Essais de traction (sur éprouvettes découpées dans le sens perpendiculaire au laminage) : 2 essais par feuille (1 à chaque extrémité).

Essais de pliage à froid à l'état de livraison (sur éprouvettes découpées dans le sens perpendiculaire au laminage) : 2 essais par feuille (1 à chaque extrémité).

Essais de texture (sur les éprouvettes de pliage à froid) : 2 essais par feuille (1 à chaque extrémité).

Détermination de la teneur en phosphore : 1 essai par coulée.

Les proportions d'essais indiquées ci-dessus s'appliquent à toutes les feuilles présentées en réception, quelles que soient leurs surfaces. mais une feuille telle qu'elle est laminée peut, si elle est destinée à fournir plusieurs tôles, être comptée pour une unité dans la proportion des essais, lorsqu'un découpage aux dimensions de commande a lieu seulement après le prélèvement des essais. Dans ce cas, les parties sont marquées et repérées par l'agent, de façon à permettre ultérieurement de reconstituer la feuille entière.

Toute fraction de lot peut donner lieu à une série complète d'essais, au gré de la Compagnie.

Chapitre III. — **Prélèvements et préparation des éprouvettes.**

Traçage des prélèvements. — Les prélèvements sont tracés, poinçonnés et repérés sur les indications et par les soins de l'agent récep-

tionnaire, de préférence près de la partie de la tôle correspondant à la tête du lingot.

La largeur de ces prélèvements comporte, par rapport aux dimensions finies des éprouvettes, des excédents de métal nécessaires pour le travail de finissage et également suffisants pour détruire les actions d'écrouissage quelconques, provoquées par le mode de découpage. D'une façon générale, les bandes de prélèvement devront avoir une largeur supérieure à celle des barreaux d'essais, d'une quantité au moins égale à deux fois leur épaisseur.

Découpage des prises d'essais. — Cette opération doit avoir lieu entièrement à froid, à la machine-outil, par mortaisage, sciage, etc. Les bandes peuvent être aussi détachées à la tranche, au poinçon ou à la cisaille, en évitant, autant que possible, dans ce dernier cas, les déformations dans les découpages successifs.

Dressage. — Les prélèvements déformés présentant dans leur plus forte ondulation une flèche inférieure à 2 0/0 de la corde, seront redressés à froid ; lorsque la déformation sera plus grande, le redressement pourra se faire à chaud, la température ne devant pas dépasser le rouge sombre.

Finissage. — Le travail de préparation des barreaux ajustés doit avoir lieu ensuite entièrement à froid, au moyen de machines-outils, sans aucune opération ultérieure de martelage, trempe, ni recuit. Les faces de laminage seront conservées. Les champs seuls seront travaillés. Les arêtes des barreaux pour essais de pliage seront légèrement adoucies à la lime, sans congé appréciable.

Poinçons de la Compagnie. — Les barreaux d'essais conserveront à chaque tête les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — **Modes d'essais. — Résultats à obtenir.**

Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées, pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAIS DE TRACTION

Prélèvements. — Sur les tôles de toutes catégories, à l'exclusion toutefois des tôles ayant une épaisseur inférieure à 3 millimètres.

Bandes prélevées dans le sens perpendiculaire au laminage.

Forme des éprouvettes. — Les têtes d'attache sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essais ; leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes, sous la condition de ne

pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction : têtes excentrées, non symétriques, etc...

Repères. — L'écartement entre repères pour le relevé de l'allongement est déterminé, quelle que soit l'épaisseur, par la formule $L = \sqrt{66.67\ S}$, S étant la section.

Ces repères sont croisés à partir de la naissance du congé. La fraction entre ces repères qui servira à calculer l'allongement pour cent, sera celle qui comprendra la section de rupture.

Pour les tôles de 3 millimètres à 30 millimètres d'épaisseur, les éprouvettes sont classées en trois séries dans chacune desquelles la largeur est constante suivant le groupement ci-après :

Tableau des dimensions des éprouvettes pour les épaisseurs de 3 millimètres à 30 millimètres.

ÉPAISSEUR en mm.	SECTION en mm².	ÉCARTEMENT entre repères en mm.	LONGUEUR de la partie calibrée en mm.
Largeur uniforme de 30 millimètres.			
3	90	80	120
4	120	90	
5	150	100	
6	180	110	
7	210	120	200
8	240	125	
9	270	135	
10	300	140	
Largeur uniforme de 25 millimètres.			
11	275	135	
12	300	140	
13	325	150	
14	350	155	
15	375	160	200
16	400	165	
17	425	170	
18	450	175	
19	475	180	
20	500	185	

ÉPAISSEUR en mm.	SECTION en mm².	ÉCARTEMENT entre repères en mm.	LONGUEUR de la partie calibrée en mm.
Largeur uniforme de 20 millimètres.			
21	420	170	200
22	440		
23	460	175	
24	480	180	
25	500	185	
26	520		
27	540	190	
28	560	195	
29	580		
30	600	200	

Le rayon de raccordement de la partie calibrée aux têtes aura uniformément 10 millimètres.

Durée de l'essai. — *Température.* — L'essai a lieu par traction progressive, à la température ambiante. Sa durée, selon le volume du barreau, sera comprise entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont indiqués au tableau ci-dessous :

CATÉGORIES des tôles	ESSAIS DE TRACTION A FROID	
	Résistance minima par mm² de la section primitive S	ALLONGEMENT MINIMUM 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66{,}67S}$
C	35 kilogrammes	15
D	35 —	28
E	40 —	25
H	50 —	18

ESSAIS DE PLIAGE A FROID A L'ÉTAT DE LIVRAISON

Prélèvements. — Sur les tôles de toutes catégories ; bandes de 250 millimètres de longueur minima et 40 millimètres de largeur sur toute la partie calibrée, prélevées dans le sens perpendiculaire au laminage et autant que possible dans l'axe de la feuille.

Mode d'essai. — L'essai comprend deux opérations distinctes qui se font toutes deux au moyen d'une presse hydraulique, d'un marteau-pilon ou d'un mouton.

1° La bande est placée tout d'abord dans la position **ab** (*fig.* 1) sur un empreint dont les faces obliques forment entre elles un angle d'environ 60°. On applique sur le milieu de la bande un coin ou dégorgeoir arrondi suivant un rayon au plus égal à l'épaisseur de la bande et sur lequel on fait agir la presse, le pilon ou le mouton jusqu'à ce que la bande à essayer ait pris la forme **a'mb'** ;

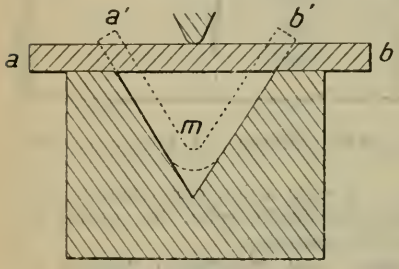


FIG. 1.

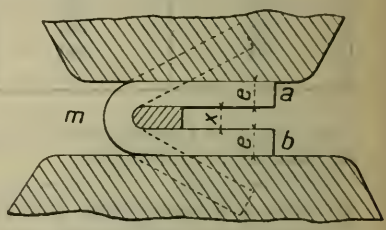


FIG. 2.

2° On enlève ensuite l'empreint et le coin et on achève le pliage comme l'indique la figure 2, avec ou sans interposition de cales dont les épaisseurs variables, suivant le cas, sont données par le tableau ci-après, pour amener les deux branches **am** et **bm** de la bande à être parallèles.

ÉPAISSEURS DES TOLES	ÉCARTEMENT INTÉRIEUR MAXIMUM DES BRANCHES x			
	Tôles **C**	Tôles **D**	Tôles **E**	Tôles **H**
Inférieures à 3 mm.....	$x = o$	$x = o$	$x = o$	$x = e$
De 3 à 20 mm.....	$x = e$	$x = o$	$x = o$	$x = 3e$
Supérieures à 20 mm.....	$x = 2e$	$x = o$	$x = e$	$x = 4e$

Résultats. — Les bandes prélevées dans les quatre catégories de tôles **C, D, E** et **H** doivent supporter les pliages indiqués sans présenter, après l'essai, aucune crique, rupture ou défaut quelconque.

ESSAI DE TEXTURE

Prélèvements. — Il n'est pas fait de prélèvement spécial pour cet essai qui est exécuté sur la partie non fatiguée des éprouvettes de pliage à froid des tôles pour longerons.

Mode d'essai. — Vers le milieu de l'une des branches de l'éprouvette de pliage détachée de l'autre branche, et réduite de largeur s'il est nécessaire, on fait deux incisions dans un même plan parallèle à la direction du laminage, une sur chaque champ de l'éprouvette, puis on rompt, par un choc brusque, l'éprouvette sur champ, à l'endroit des incisions.

Résultats. — La section de rupture doit être à nerf ou à grain fin et arrondi, exempte de gros cristaux à facettes qui dénoteraient, un recuit insuffisant ou mal conduit.

ESSAI DE PLIAGES SUCCESSIFS A CHAUD

Prélèvements. — Sur les tôles des catégories **D, E** et **H,** autres que les tôles de longerons.

Une bande de 50 centimètres de longueur et de 3 à 4 centimètres de largeur est découpée dans le sens du laminage.

Mode d'essai. — La bande est chauffée de façon que, sur les 2/3 environ de sa longueur, sa température décroisse, en partant de l'extrémité, du jaune au rouge cerise.

L'extrémité la plus chaude est ensuite repliée sur elle-même jusqu'à bloc, sur une longueur aussi courte que possible, puis la bande est retournée et pliée à bloc une seconde fois, en sens inverse, aussi près que possible du premier pli ; on fait ainsi quatre plis successifs, en retournant la bande à chaque fois, de telle sorte que, l'essai terminé, l'éprouvette présente l'aspect indiqué par le croquis ci-contre (*fig.* 3).

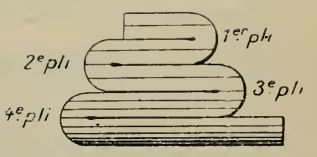


Fig. 3.

Le nombre de pliages est réduit à trois pour les tôles de plus de 20 millimètres d'épaisseur.

L'opération se fait en une seule chaude, au marteau à main aidé du marteau à devant ou du pilon.

Elle est conduite de telle façon que les plis successifs étant faits à des températures successivement décroissantes, le dernier soit terminé au rouge sombre (600° environ).

Résultats. — Aucun des plis ainsi effectués ne doit présenter de crique, gerce ou autre défaut.

Tôles en acier de 8 millimètres à 30 millimètres d'épaisseur, pour chaudières.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Les tôles d'acier de 8 à 30 millimètres pour chaudières sont classées en deux catégories :

A, Pour les pièces ayant à subir un travail d'emboutissage ;

B, Pour corps cylindriques, viroles, etc.....

Marques de fabrication. — Chaque feuille livrée aux dimensions de commande sera frappée d'une façon indélébile du numéro de coulée, de la marque du fournisseur, du mois et de l'année de fabrication, ainsi que de l'indice de qualité.

Exemple : **352-SC. 8-99. A.**

Fabrication. — En raison de leur affectation spéciale aux chaudières, les tôles **A** et **B** doivent être de première qualité pour l'emploi, en métal sain, homogène, ductile et non fissile. Elles seront obtenues en laminant des lingots d'acier fabriqués exclusivement au four Martin-Siemens à sole basique.

L'emploi dans les charges de fontes phosphoreuses est absolument interdit.

Aspect extérieur. — Laminage. — Les tôles des deux catégories seront parfaitement laminées et cisaillées ; elles présenteront des surfaces planes, unies et propres, sans ondulations, exemptes entièrement de stries, soufflures, gales ou manques de matière, criques, gerçures, gravelures et défauts d'aucune sorte.

Réparations. — Toute trace de réparation, travail au marteau ou au burin, ayant pour but de masquer les défauts, est une cause de rebut.

L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels, qu'il jugera sans importance pour le bon emploi de la tôle.

Recuit. — Le recuit est obligatoire.

Tolérances sur les dimensions de surface. — Aucune tolérance en moins n'est admise sur les dimensions de surface fixées par les commandes ; la tolérance en plus est limitée au maximum à 2 centimètres.

Au delà, toutes les autres conditions étant remplies, et après entente avec la Compagnie, les feuilles plus grandes pourront encore être

admises, mais le poids du métal en excédent ne sera pas payé au fournisseur.

Tolérances sur les épaisseurs. — Les épaisseurs des tôles seront aussi uniformes et régulières que possible, les tolérances admises étant au maximum celles indiquées ci-après :

ÉPAISSEURS en millimètres	TOLÉRANCES EN PLUS — Largeurs			TOLÉRANCES EN MOINS — Largeurs		
	inférieures à 1 m. 500	de 1 m. 500 à 1 m. 999	de 2 m. 000 et au-dessus	inférieures à 1 m. 500	de 1 m. 500 à 1 m. 999	de 2 m. 000 et au-dessus
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
De 8mm à 9mm,9	0,5	0,7	0,9	0,3	0,3	0,3
» 10 à 11,9	0,5	0,7	0,9	0,4	0,4	0,4
» 12 à 13,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,5	0,5
» 14 à 15,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,5	0,5
» 16 à 17,9	0,5	0,7	1,0	0,5	0,5	0,5
» 18 à 19,9	0,6	0,8	1,1	0,5	0,5	0,5
» 20 à 21,9	0,7	0,9	1,2	0,5	0,5	0,5
» 22 à 23,9	0,8	1,0	1,3	0,5	0,5	0,5
» 24 à 25,9	0,9	1,1	1,4	0,5	0,5	0,5
» 26 à 27,9	1,0	1,2	1,5	0,5	0,5	0,5
» 28 à 30	1,0	1,2	1,5	0,5	0,5	0,5

Toute variation d'épaisseur dépassant ces limites pourra donner lieu au rebut des tôles.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

État des tôles à la présentation en recette. — Les tôles seront présentées après recuit, tracées mais non cisaillées, avec des excédents de surface offrant des parties saines suffisantes pour permettre tous les prélèvements d'essais. Le traçage devra être conduit de telle façon qu'après cisaillage les tôles soient complètement affranchies de toutes parties soufflenses provenant de la tête et du pied du lingot et de toute trace de la poche de retassement.

Nature des essais. — Les essais auxquels seront soumises les tôles sont les suivants :

Essais de traction ;
Essais de pliage à froid à l'état de livraison ;
Essais de pliages successifs à chaud.

Il pourra, en outre, être fait un essai pour déterminer la teneur en phosphore, laquelle ne devra pas excéder 4 dix-millièmes (0,04 0/0).

Proportion des essais :

Essais de traction.	Un essai par feuille sur une éprouvette découpée dans le sens du laminage. Un essai par feuille sur une éprouvette découpée dans le sens perpendiculaire au laminage.
Essais de pliage à froid à l'état de livraison.	Un essai par feuille sur une éprouvette découpée dans le sens perpendiculaire au laminage.
Essais de pliages successifs à chaud.	Un essai par feuille sur une éprouvette découpée dans le sens du laminage.
Détermination de la teneur en phosphore.	Un essai par coulée.

Les proportions d'essais indiquées ci-dessus s'appliquent à toutes les feuilles présentées en réception, quelles que soient leurs surfaces, mais une feuille telle qu'elle est laminée peut, si elle est destinée à fournir plusieurs tôles, être comptée pour une unité dans la proportion des essais, lorsqu'un découpage aux dimensions de commande a lieu seulement après le prélèvement des essais. Dans ce cas, les parties sont marquées et repérées par l'agent de façon à permettre ultérieurement de reconstituer la feuille entière.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des éprouvettes.

Traçage des prélèvements. — Les prélèvements sont tracés, poinçonnés et repérés sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire, de préférence près de la partie de la tôle correspondant à la tête du lingot et sur les rives.

La largeur de ces prélèvements comporte, par rapport aux dimensions finies des éprouvettes, des excédents de métal nécessaires pour le travail de finissage et également suffisants pour détruire les actions d'écrouissage quelconques, provoquées par le mode de découpage. D'une façon générale, les bandes de prélèvement devront avoir une largeur supérieure à celle des barreaux d'essais, d'une quantité au moins égale à deux fois leur épaisseur.

Découpage des prises d'essais. — Cette opération doit avoir lieu entièrement à froid, à la machine-outil, par mortaisage, sciage, etc... Les bandes peuvent être aussi détachées à la tranche, au poinçon ou à la cisaille, en évitant autant que possible, dans ce dernier cas, les déformations dans les découpages successifs.

Dressage. — Les prélèvements déformés, présentant, dans leur plus forte ondulation, une flèche inférieure à 2 0/0 de la corde, seront redressés à froid ; lorsque la déformation sera plus grande, le redressement pourra se faire à chaud, la température ne devant pas dépasser le rouge sombre.

Finissage. — Le travail de préparation des barreaux ajustés doit avoir lieu ensuite entièrement à froid, au moyen de machines-outils, sans aucune opération ultérieure de martelage, trempe, ni recuit. Les faces de laminage seront conservées. Les champs seuls seront travaillés. Les arêtes des barreaux pour essais de pliage seront légèrement adoucies à la lime, sans congé appréciable.

Poinçons de la Compagnie. — Les barreaux d'essais conserveront à chaque tête les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — **Modes d'essais. — Résultats à obtenir.**

Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées, pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAIS DE TRACTION

Prélèvements. — Deux bandes prélevées, l'une dans le sens du laminage, l'autre dans le sens perpendiculaire au laminage.

Forme des éprouvettes. — Les têtes d'attache sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essais, leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes, sous la condition de ne pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction : têtes excentrées, non symétriques, etc...

Pour faciliter le travail de mortaisage ou de rabotage en paquet par série d'épaisseurs, toutes les éprouvettes ont une longueur uniforme de 200 millimètres à la partie calibrée.

Repères. — L'écartement entre repères pour le relevé de l'allongement est déterminé, quelle que soit l'épaisseur, par la formule $L = \sqrt{66{,}67\ S}$.

Ces repères sont croisés à partir de la naissance du congé. La fraction entre ces repères qui servira à calculer l'allongement pour 100 sera celle qui comprendra la section de rupture.

Les éprouvettes sont classées en trois séries dans chacune desquelles la largeur est constante suivant le groupement ci-après.

Tableau des dimensions des éprouvettes pour les épaisseurs de 8 millimètres à 30 millimètres.

ÉPAISSEUR en mm.	SECTION en mm²	ÉCARTEMENT entre repères en mm.	LONGUEUR de la partie calibrée en mm.
	Largeur uniforme de 30 millimètres.		
8	240	125	200
9	270	135	
10	300	140	
	Largeur uniforme de 25 millimètres.		
11	275	135	200
12	300	140	
13	325	150	
14	350	155	
15	375	160	
16	400	165	
17	425	170	
18	450	175	
19	475	180	
20	500	185	
	Largeur uniforme de 20 millimètres.		
21	420	170	200
22	440		
23	460	175	
24	480	180	
25	500	185	
26	520		
27	540	190	
28	560	195	
29	580		
30	600	200	

Le rayon de raccordement de la partie calibrée aux têtes aura uniformément 10 millimètres.

Durée de l'essai. — Température. — L'essai a lieu par traction progressive, à la température ambiante Sa durée, selon le volume du barreau, sera comprise entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont indiqués au tableau ci-après :

CATÉGORIES des Tôles	ESSAIS DE TRACTION A FROID	
	Résistance par millimètre carré de la section primitive S	Allongement minimum 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66,67S}$
A	De 35 à 40 kilogr.	30
B	De 40 à 46 —	27

ESSAI DE PLIAGE A FROID A L'ÉTAT DE LIVRAISON

Prélèvement. — Une bande de 250 millimètres de longueur minima et 40 millimètres de largeur sur toute la partie calibrée, prélevée dans le sens perpendiculaire au laminage, et autant que possible dans l'axe de la feuille.

Mode d'essai. — L'essai comprend deux opérations distinctes qui se font toutes deux au moyen d'une presse hydraulique, d'un marteau-pilon ou d'un mouton.

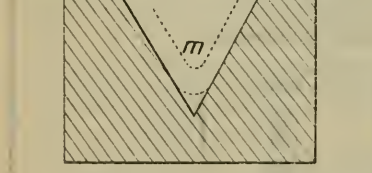


Fig. 1.

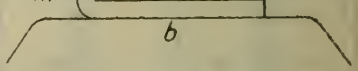


Fig. 2.

1° La bande est placée tout d'abord dans la position **ab** (*fig.* 1), sur un empreint dont les faces obliques forment entre elles un angle d'environ 60°.

On applique sur le milieu de la bande un coin ou dégorgeoir arrondi suivant un rayon au plus égal à l'épaisseur de la bande et sur lequel on fait agir la presse, le pilon ou le mouton jusqu'à ce que la bande à essayer ait pris la forme **a'mb'** ;

2° On enlève ensuite l'empreint et le coin et on achève le pliage à

bloc dans les conditions de la figure 2 par le rapprochement des deux branches **am** et **bm** de la bande.

Résultats. — Les bandes prélevées dans les deux qualités de tôles A et B doivent supporter le pliage à bloc sans présenter après l'essai aucune crique, rupture ou défaut quelconque.

ESSAI DE PLIAGES SUCCESSIFS A CHAUD

Prélèvement. — Une bande de 50 centimètres de longueur et de 3 à 4 centimètres de largeur, découpée dans le sens du laminage.

Mode d'essai. — La bande est chauffée de façon que sur les 2/3 environ de sa longueur, sa température décroisse, en partant de l'extrémité, du jaune au rouge cerise.

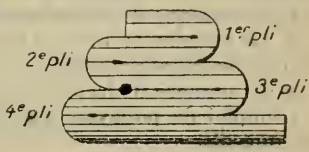


Fig. 3.

L'extrémité la plus chaude est ensuite repliée sur elle-même jusqu'à bloc, sur une longueur aussi courte que possible, puis la bande est retournée et pliée à bloc, une seconde fois, en sens inverse, aussi près que possible du pli ; on fait ainsi quatre plis successifs en retournant la bande à chaque fois, de telle sorte que, l'essai terminé, l'éprouvette présente l'aspect indiqué par le croquis ci-contre (*fig.* 3).

L'opération se fait en une seule chaude, au marteau à main aidé du marteau à devant ou du pilon.

Elle est conduite de telle façon que les plis successifs étant faits à des températures successivement décroissantes, le dernier soit terminé au rouge sombre (600° environ).

Résultats. — Aucun des quatre plis ainsi effectués ne doit présenter de crique, gerce ou autre défaut.

Essieux en acier fondu sur sole, bruts de forge ébauchés ou finis pour voitures et wagons.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Catégorie unique.

Marques de fabrication. — Chaque essieu porte les marques ou empreintes indiquées par les dessins et notamment :

1° La marque du fournisseur ;

2° Le numéro du mois et les deux derniers chiffres du millésime de l'année de sa fabrication ;

3° Le numéro de la coulée d'où il provient.

L'emploi de poinçons à arêtes vives, pour l'apposition des marques est interdit.

Fabrication. — Les essieux proviendront de lingots d'acier fondu fabriqués au four Martin à sole basique.

La Compagnie se réserve d'autoriser l'emploi de la sole acide lorsqu'elle trouvera des garanties suffisantes sur la qualité des riblons utilisés dans les charges.

L'emploi, dans les charges, de fontes contenant plus de 0,1 0/0 de phosphore, est absolument interdit.

Chaque lingot doit fournir au moins deux essieux.

Les lingots sont, sous un pilon d'au moins 10 tonnes ou sous une presse de puissance convenable, transformés en rondins d'une section au plus égale au 1/5 de leur section moyenne primitive.

Au cours de cette opération, on enlève à la gouge, à chaud, ou au burin, à froid, toutes les criques, pailles, replis et autres défauts superficiels qui peuvent nuire à la qualité et à l'aspect des essieux.

Chaque rondin devra être complètement affranchi de toutes parties souffleuses provenant de la tête ou du pied du lingot et de toute trace de la poche de retassement.

Les essieux seront, pour les formes et les dimensions, le dégrossissage et le finissage de leurs diverses parties, respectivement conformes aux indications des dessins et des commandes. Les parties destinées à rester brutes seront bien parées, celles indiquées finies sur les dessins seront polies à la plane et à l'émeri.

Le travail de forgeage devra toujours être assez approché pour qu'avant tout travail aux machines-outils, les diamètres des diverses parties de l'essieu ne dépassent pas de plus de 15 millimètres les diamètres de l'essieu fini.

Les essieux bruts ou ébauchés seront centrés avec soin et les centres conservés de manière à permettre la mise ultérieure sur le tour.

Les trous de centrage ou centres des essieux finis, après affranchissement des essieux à leur longueur finale, devront avoir une profondeur de 15 à 20 millimètres, conformémennt aux dessins.

Aspect extérieur. — Les essieux seront parfaitement forgés et devront présenter, dans toutes leurs parties, des surfaces saines, exemptes de pailles, criques, replis de matière, fissures ou autres défauts.

Réparations. — Toute trace de réparation, travail au marteau ou au burin, ayant pour but de masquer les défauts, est une cause de rebut.

L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels qu'il jugera sans importance pour le bon emploi de l'essieu.

Recuit. — Le recuit des essieux, après forgeage, est obligatoire.

TOLÉRANCES SUR LES DIMENSIONS

A. **Corps** — Aucune tolérance en moins n'est admise sur le diamètre au corps de l'essieu ; la tolérance en plus est limitée à 3 millimètres.

Il ne doit être constaté, après centrage, dans les parties devant rester brutes, ni faux-rond, ni ovalisation dépassant 2 millimètres.

B. **Autres parties de l'essieu.** — 1° *Essieux bruts de forge.* — Les excédents de métal, par rapport aux cotes de l'essieu fini, devront — l'essieu étant centré — être :

Sur les diamètres et congés : au minimum de 5 et au maximum de 15 millimètres.

Sur la longueur totale de l'essieu : au maximum de 5 millimètres en plus à chaque bout, rien en moins.

2° *Essieux ébauchés.* — Les excédents de métal sont indiqués sur les dessins et en tous cas doivent être suffisants pour qu'on puisse tenir au travail, après centrage, les dimensions de l'essieu fini, sans aucun manque de matière ;

3° *Essieux finis.* — Les dimensions doivent être exactement aux cotes du dessin.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Etat des essieux à la présentation en recette. — Les essieux seront présentés à la réception, après recuit, groupés par lot comprenant au maximum 50 essieux provenant tous d'une même coulée, mais pouvant être de types différents.

Chaque essieu portera à l'un et l'autre bout un excédent de longueur suffisant pour le prélèvement d'une rondelle servant à l'essai de texture défini au chapitre IV.

Nature des essais. — Les essais auxquels seront soumis les essieux sont les suivants :

NATURE DES ESSAIS	PROPORTION DES ESSAIS
Essai au choc { des fusées..... / du corps de l'essieu..	Un essieu par lot ; toute fraction de lot pouvant donner lieu à une série d'essais complète, au gré de la Compagnie.
Essai de traction.....	
Essai de texture.....	Sur chaque essieu présenté ébauché ou fini.

Il pourra, en outre, être fait un essai chimique, par coulée, pour déterminer la teneur en phosphore, laquelle ne devra pas excéder 0,07 0/0.

L'agent réceptionnaire choisit et poinçonne, dans chaque lot présenté, l'essieu destiné aux essais de choc, traction et chimique.

CHAPITRE III. — Prélèvements et préparation des éprouvettes.

Traçage des prélèvements. — En vue des essais de traction, un barreau est prélevé, après les épreuves au choc des fusées et du corps, à la surface de l'essieu, dans sa partie la moins fatiguée. Ce prélèvement est tracé, poinçonné et repéré sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire.

Découpage des barreaux. — Cette opération doit avoir lieu entièrement à froid, à la machine-outil, par mortaisage, sciage, etc.

Finissage. — Le travail de préparation des barreaux ajustés doit avoir lieu également à froid, au moyen de machines-outils, sans aucune opération de martelage, trempe ni recuit.

Poinçons de la Compagnie. — Les barreaux d'essais conserveront à chaque tête les poinçons de la Compagnie.

CHAPITRE IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir indiqués ci-après dans chaque essai sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAIS AU CHOC

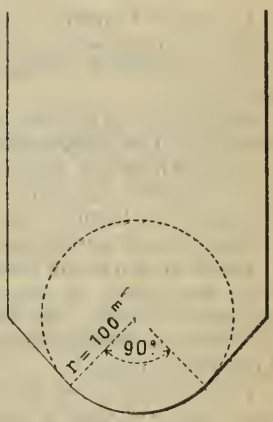
Appareil de choc. — Les essais au choc des fusées et du corps de l'essieu seront faits à l'aide d'un « mouton » guidé. Le guidage sera absolument rigide, plan et vertical : il doit être disposé de telle sorte que le frottement, dans la chute du mouton, soit réduit au minimum.

Le mouton doit être de masse et de forme symétrique par rapport au plan du guidage.

Le centre de gravité du mouton doit être placé le plus bas possible dans le plan du guidage et sur la verticale équidistante des deux guides.

La hauteur de la partie guidée du mouton doit être notablement plus grande que l'intervalle entre les guides.

L'appareil à déclic ne doit produire aucun mouvement latéral du mouton lors de sa mise en jeu.



Pour les essais du corps de l'essieu, la panne devra être terminée par une partie cylindrique dont l'axe sera horizontal et dans le plan du guidage ; le développement de cette partie cylindrique sera de 90° et le rayon de 100 millimètres maximum.

La chabotte doit constituer une masse incompressible d'au moins quinze fois la masse du mouton. Dans le cas où elle comporterait un massif de maçonnerie, le poids de la chabotte métallique ne devra pas être inférieur à 10.000 kilogrammes.

Les appuis ou enclumes doivent être solidement fixés à la chabotte.

Essais des fusées. — *Prélèvement.* — L'essieu choisi pour l'essai doit avoir ses portés de calage ébauchées et ses fusées et collets tournés au profil de l'essieu fini.

Mode d'essai. — L'essieu est placé horizontalement sous l'appareil de choc, la naissance de la portée de calage voisine de la fusée à essayer reposant sur un appui fixé à la chabotte, l'autre portée de calage étant maintenue par une masse métallique de 2.000 kilogrammes au minimum.

Le mouton d'un poids de 500 kilogrammes[1], doit tomber d'aplomb sur le champignon de la fusée.

La fusée sera ainsi soumise à une flexion réalisée par deux chocs successifs du mouton.

[1] Si ce poids diffère de peu, l'agent réceptionnaire modifiera la hauteur de chute de façon à obtenir le produit kilogrammétrique PH fixé.

L'intensité de l'un et l'autre choc, proportionnée aux dimensions des fusées, sera déterminée par la formule : $PH = 0.00054D^2L$, dans laquelle :

P représente le poids du mouton en kilogrammes,
H d° la hauteur de chute en mètres,
D d° le diamètre de la fusée en millimètres,
L d° la longueur d° d°

L'essieu est ensuite retourné de 180° sur ses appuis et la fusée soumise à un redressement réalisé par deux chocs successifs dont l'intensité résultera de la formule $PH' = 0{,}00060D^2L$ (mêmes notations que ci-dessus).

Résultats. — Les deux fusées de l'essieu doivent pouvoir supporter la flexion et le redressement résultant des chocs définis ci-dessus sans se rompre ni même se gercer.

Les fusées sont ensuite entaillées à la tranche et rompues pour l'examen des textures qui doivent montrer un grain fin, serré, bien homogène avec arrachements et sans aucune trace de défauts.

Essai du corps de l'essieu. — *Mode d'essai.* — Après le tronçonnage des fusées, le corps de l'essieu, brut de forge, est placé sous l'appareil de choc, sur deux appuis de niveau, espacés exactement de 1m,500, de façon à recevoir en son milieu le choc d'un mouton de 1.000 kilogrammes[1].

Pour pouvoir relever, après la première flexion, l'allongement pour 100 de la fibre la plus fatiguée par l'essai, l'agent réceptionnaire limitera par des coups de pointeau, suivant la génératrice inférieure du corps de l'essieu, une longueur rigoureuse de 0m,200 prise moitié à gauche, moitié à droite de l'axe de flexion.

Le corps de l'essieu sera soumis à une première flexion réalisée par deux chocs successifs du mouton.

L'intensité de l'un et l'autre choc, proportionnée aux dimensions de l'essieu au milieu du corps sera déterminée par la formule $PH = 0{,}35D^2$ dans laquelle :

P représente le poids du mouton en kilogrammes.
H, la hauteur de chute en mètres.
D, le diamètre de l'essieu au milieu du corps en millimètres.

L'allongement pour 100 de la fibre la plus fatiguée étant relevé comme il est dit plus haut, l'essieu sera retourné et frappé, dans le sens du redressement, de deux autres chocs dont l'intensité résultera de la formule : $PH' = 0{,}40D^2$ (mêmes notations que ci-dessus).

L'essai est poursuivi en soumettant le corps de l'essieu à un second pliage inverse du premier et à un second redressement, réalisés l'un et l'autre par deux chocs successifs de même intensité : $PH' = 0{,}40D^2$.

[1] Si ce poids diffère de peu, l'agent réceptionnaire modifiera la hauteur de chute de façon à obtenir le produit kilogrammétrique PH fixé.

Résultats. — Le corps de l'essieu doit pouvoir supporter les deux flexions et les deux redressements définis ci-dessus, sans se rompre, ni même se gercer.

L'allongement pour 100 A, mesuré après la première flexion sur les 200 millimètres pointés moitié à droite, moitié à gauche de l'axe de flexion, devra être compris entre les limites suivantes : $9 \leq A \leq 13$ pour 100.

ESSAIS DE TRACTION

Prélèvement. — L'éprouvette prélevée et obtenue comme il a été dit au chapitre III, sera cylindrique à têtes.

Forme des éprouvettes. — Les têtes d'attache sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essai : leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes, sous la condition de ne pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction : têtes excentrées, non symétriques, etc.

Repères. — L'écartement entre repères pour le relevé de l'allongement est déterminé, quel que soit le diamètre, par la formule $L = \sqrt{66.67S}$ (S étant la section).

Ces repères sont croisés à partir de la naissance des congés. La fraction entre ces repères qui servira à calculer l'allongement pour 100 sera celle qui comprendra la section de rupture.

Dimensions des éprouvettes. — Les dimensions à adopter de préférence sont les suivantes :

Partie calibrée	Diamètre	$15^{mm},96$
	Section	200^{mm2}
	Longueur	147^{mm}
	Ecartement entre repères	115^{mm}

Le rayon de raccordement de la partie calibrée aux têtes aura uniformément 10 millimètres.

Durée de l'essai. — Température. — L'essai a lieu par traction progressive, à la température ambiante. Sa durée selon le volume du barreau, sera comprise entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont indiqués au tableau ci-après :

	RÉSISTANCE MINIMA par millimètre carré de la section primitive S	ALLONGEMENT MINIMUM 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66,67S}$
Essieux en acier pour voitures et wagons....	45 kilogr.	25

ESSAI DE TEXTURE

Prélèvements. — A l'un et l'autre bout de chaque essieu ébauché ou fini, une rondelle est prélevée dans la partie formant excédent de longueur.

Ces rondelles sont obtenues par une saignée pratiquée au tour, à distance convenable et jusqu'à ce que la partie cylindrique concentrique au pourtour de l'essieu, conserve un diamètre au moins égal à 45 millimètres.

Mode d'essai. — Elles seront détachées au choc, en présence de l'agent réceptionnaire.

Résultat. — La texture devra présenter un grain fin, sans défaut ni soufflure.

Essieux droits en acier fondu sur sole bruts de forge, ébauchés ou finis pour locomotives et tenders.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Les essieux droits en acier fondu sur sole pour locomotives et tenders sont classés en une qualité unique.

Marques de fabrication. — Chaque essieu porte les marques ou empreintes indiquées par les dessins et notamment :

1° La marque du fournisseur.

2° Le numéro du mois et les deux derniers chiffres du millésime de l'année de sa fabrication ;

3° Le numéro de la coulée d'où il provient.

L'emploi de poinçons à arêtes vives pour l'apposition des marques est interdit.

Fabrication. — Les essieux proviendront de lingots d'acier fondu fabriqués au four Martin à sole basique.

La Compagnie se réserve d'autoriser l'emploi de la sole acide lorsqu'elle trouvera des garanties suffisantes sur la qualité des riblons utilisés dans les charges.

L'emploi, dans les charges, de fontes contenant plus de 0,1 0/0 de phosphore est absolument interdit.

Chaque lingot doit fournir au moins deux essieux.

Les lingots sont, sous un pilon d'au moins 10 tonnes ou sous une presse de puissance convenable, transformés en rondins d'une section au plus égale à 1/5 de leur section moyenne primitive.

Au cours de cette opération, on enlève à la gouge à chaud, ou au burin à froid, toutes les criques, pailles, replis et autres défauts superficiels qui peuvent nuire à la qualité et à l'aspect des essieux.

Chaque rondin devra être complètement affranchi de toutes parties soufflées provenant de la tête ou du pied du lingot et de toute trace de la poche de retassement.

Les essieux seront pour les formes et les dimensions, le dégrossissage et le finissage de leurs diverses parties, respectivement conformes aux indications des dessins des commandes. Les parties destinées à rester brutes seront bien parées, celles indiquées finies sur les dessins seront polies à la plane et à l'émeri.

Le travail de forgeage devra toujours être assez approché pour qu'avant tout travail aux machines-outils les diamètres des diverses parties de l'essieu ne dépassent pas de plus de 15 millimètres les diamètres de l'essieu fini.

Les essieux *bruts* ou *ébauchés* seront centrés avec soin et les centres conservés de manière à permettre la mise ultérieure sur le tour.

Les trous de centrage ou centre des essieux *finis*, après affranchissement des essieux à leur longueur finale, devront avoir une profondeur de 15 à 20 millimètres conformément aux dessins.

Recuit. — Le recuit des essieux, après forgeage, est obligatoire.

Aspect extérieur. — Les essieux seront parfaitement forgés et devront présenter, dans toutes leurs parties, des surfaces saines, exemptes de pailles, criques, replis de matière, fissures ou autres défauts.

Réparations. — Toute trace de réparation, travail au marteau ou au burin, ayant pour but de masquer les défauts, est une cause de rebut.

L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels qu'il jugera sans importance pour le bon emploi de l'essieu.

TOLÉRANCES SUR LES DIMENSIONS

A. — Corps de l'essieu. — Aucune tolérance en moins n'est admise sur le diamètre au corps de l'essieu; la tolérance en plus est limitée à 3 millimètres.

Il ne doit être constaté, après centrage, dans les parties devant rester brutes, ni faux rond, ni ovalisation dépassant 2 millimètres.

B. — Autres parties de l'essieu. — 1° *Essieux bruts de forge.* — Les excédents de métal, par rapport aux cotes de l'essieu fini, devront, l'essieu étant centré, être :

Sur les diamètres et congés : au minimum de 5 millimètres et au maximum de 15 millimètres;

Sur la longueur totale de l'essieu : au maximum de 5 millimètres en plus à chaque bout, rien en moins.

2° *Essieux ébauchés.* — Les excédents de métal sont indiqués sur les dessins et en tout cas doivent être suffisants pour qu'on puisse obtenir au travail, après centrage, les dimensions de l'essieu fini, sans aucun manque de matière.

3° *Essieux finis.* — Les dimensions doivent être exactement aux cotes du dessin.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

État des essieux à la présentation en recette. — Les essieux seront présentés à la réception, après recuit, groupés par lot comprenant au maximum 25 essieux provenant tous d'une même coulée, mais pouvant être de types différents.

Chaque essieu portera à l'un et à l'autre bout un excédent de longueur suffisant pour le prélèvement d'une rondelle servant à l'essai de texture défini au chapitre IV.

Nature des essais. — Les essais auxquels sont soumis les essieux sont les suivants :

NATURE DES ESSAIS	PROPORTION DES ESSAIS
Essai de choc (sur les fusées (essieux à fusées extérieures seulement) ; sur le corps de l'essieu)	Un essieu par lot : toute fraction de lot pouvant donner lieu à une série d'essais complète au gré de la Compagnie.
Essai de traction	
Essai de texture	Sur chaque essieu présenté, ébauché ou fini.

Il pourra, en outre, être fait un essai chimique par coulée pour déterminer la teneur en phosphore, laquelle ne devra pas excéder 0,07 pour 100.

L'agent réceptionnaire choisit et poinçonne dans chaque lot présenté l'essieu destiné aux essais de choc, de traction et à l'essai chimique.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des éprouvettes.

Traçage des prélèvements. — En vue des essais de traction, une éprouvette est prélevée, après les essais de choc des fusées extérieures et du corps, à la surface de l'essieu dans sa partie la moins fatiguée. Ce prélèvement est tracé, poinçonné et repéré sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire.

Découpage des éprouvettes. — Cette opération doit avoir lieu entièrement à froid, à la machine-outil, par mortaisage, sciage, etc.

Finissage. — Le travail de préparation des éprouvettes ajustées doit avoir lieu également à froid, au moyen de machines-outils, sans aucune opération de martelage, trempe, ni recuit.

Poinçons de la Compagnie. — Les éprouvettes d'essais conserveront à chaque tête les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

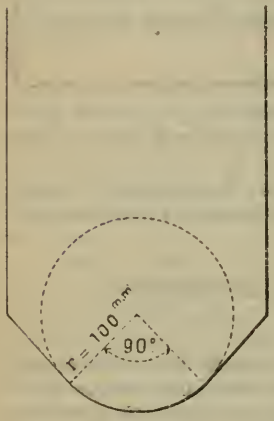
Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après dans chaque essai, sont des minima absolus.

Tout essai qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAIS AU CHOC

Appareil de choc. — Les essais de choc sur les fusées extérieures et sur le corps de l'essieu seront faits à l'aide d'un *mouton* guidé. Le guidage sera absolument rigide, plan et vertical ; il doit être disposé de telle sorte que le frottement, dans la chute du mouton, soit réduit au minimum.

Le *mouton* doit être de masse et de forme symétriques par rapport au plan du guidage.



Le *centre* de gravité du mouton doit être placé le plus bas possible dans le plan du guidage et sur la verticale équidistante des deux guides.

La hauteur de la partie guidée du mouton doit être notablement plus grande que l'intervalle entre les guides.

L'appareil à déclic ne doit produire aucun mouvement latéral du mouton lors de sa mise en jeu.

Pour les essais du corps de l'essieu, la panne devra être terminée par une partie cylindrique dont l'axe sera horizontal et dans le plan du guidage : le développement de cette partie cylindrique sera de 90° et le rayon de 100 millimètres au maximum.

La chabotte doit constituer une masse incompressible d'au moins 15 fois la masse du mouton. Dans le cas où elle comporterait un massif de maçonnerie, le poids de la chabotte métallique ne devra pas être inférieur à 10.000 kilogrammes.

Les appuis ou enclumes doivent être solidement fixés à la chabotte.

ESSAIS DES FUSÉES EXTÉRIEURES

Prélèvement. — L'essieu choisi pour l'essai doit avoir ses portées de calage ébauchées et ses fusées et collets tournés au profil de l'essieu fini.

Mode d'essai. — L'essieu est placé horizontalement sous l'appareil de choc, la naissance de la portée de calage voisine de la fusée extérieure à essayer reposant sur un appui fixé à la chabotte, l'autre

portée de calage étant maintenue par une masse métallique de 2.000 kilogrammes au minimum.

Le mouton d'un poids, de 500 kilogrammes [1], doit tomber d'aplomb sur le champignon de la fusée extérieure.

La fusée sera ainsi soumise à une flexion réalisée par deux chocs successifs du mouton.

L'intensité de l'un et l'autre choc, proportionnée aux dimensions des fusées, sera déterminée par la formule : $PH = 0{,}00057D^2L$, dans laquelle :

P représente le poids du mouton en kilogrammes,
H — la hauteur de chute en mètres,
D — le diamètre de la fusée en millimètres,
L — la longueur —

L'essieu est ensuite retourné de 180° sur ses appuis, et la fusée soumise à un redressement réalisé par deux chocs successifs dont l'intensité résultera de la formule $PH' = 0{,}00060D^2L$ (mêmes notations que ci-dessus).

Résultats. — Les deux fusées extérieures de l'essieu doivent pouvoir supporter la flexion et le redressement résultant des chocs définis ci-dessus sans se rompre ni même se gercer.

Les fusées sont ensuite entaillées à la tranche et rompues pour l'examen des textures qui doivent montrer un grain fin, serré, bien homogène avec arrachements et sans aucune trace de défauts.

Essai du corps de l'essieu. — *Mode d'essai.* — Le corps de l'essieu brut de forge (dans le cas d'essais des fusées, ces dernières sont tronçonnées) est placé sous l'appareil de choc, sur deux appuis de niveau, espacés exactement de $1^m{,}500$, de façon à recevoir en son milieu le choc d'un mouton de 1.000 kilogrammes [1].

Pour pouvoir relever, après la première flexion, l'allongement pour 100 de la fibre la plus fatiguée par l'essai, l'agent réceptionnaire limitera par des coups de pointeau, suivant la génératrice inférieure du corps de l'essieu, une longueur rigoureuse de 200 millimètres prise moitié à gauche, moitié à droite de l'axe de flexion.

Le corps de l'essieu sera soumis à une première flexion réalisée par trois chocs successifs du mouton.

L'intensité de chaque choc, proportionnée aux dimensions de l'essieu au milieu du corps, sera déterminée par la formule $PH = 0{,}26D^2$ dans laquelle :

P représente le poids du mouton en kilogrammes,
H — la hauteur de chute en mètres,
D — le diamètre de l'essieu au milieu du corps en millimètres.

[1] Si ce poids diffère de peu, l'agent réceptionnaire modifiera la hauteur de chute de façon à obtenir le produit kilogrammétrique PH fixé.

L'allongement pour 100 de la fibre la plus fatiguée étant relevé comme il est dit plus haut, l'essieu sera retourné et frappé, dans le sens du redressement, de trois autres chocs dont l'intensité résultera de la formule $PH = 0{,}30D^2$ (mêmes notations que ci-dessus).

L'essai est poursuivi en soumettant le corps de l'essieu à un second pliage inverse du premier et à un second redressement, réalisés l'un et l'autre par trois chocs successifs de même intensité : $PH' = 0{,}30D^2$.

Résultats. — Le corps de l'essieu doit pouvoir supporter les deux flexions et les deux redressements définis ci-dessus, sans se rompre ni même se gercer.

L'allongement pour 100 A, mesuré après la première flexion sur les 200 millimètres pointés moitié à droite, moitié à gauche de l'axe de flexion, devra être compris entre les limites suivantes :

$$9 \leqq A \leqq 13\ 0/0.$$

ESSAI DE TRACTION

Prélèvements. — L'éprouvette prélevée et obtenue comme il a été dit au chapitre III sera cylindrique à tête.

Forme des éprouvettes. — Les têtes d'attache sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essai ; leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes sous la condition de ne pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction : têtes excentrées, non symétriques, etc.

Repères. — L'écartement L entre repères, pour le relevé de l'allongement, est déterminé, quel que soit le diamètre, par la formule $L = \sqrt{66{,}67S}$, dans laquelle L est exprimé en millimètres et la section S en millimètres carrés.

Ces repères sont croisés à partir de la naissance des congés. La fraction entre ces repères qui servira à calculer l'allongement pour 100 sera celle qui comprendra la section de rupture.

Dimensions des éprouvettes. — Les dimensions à adopter de préférence sont les suivantes :

Partie calibrée..	Diamètre	15mm,96
	Section	200mm2
	Longueur	147mm
	Ecartement entre repères	115mm

Le rayon de raccordement de la partie calibrée aux têtes aura uniformément 10 millimètres.

Durée de l'essai. — L'essai a lieu par traction progressive, à la température ambiante. Sa durée, proportionnelle au volume de l'éprouvette, sera comprise entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont indiqués au tableau ci-après :

	RÉSISTANCE MINIMA par mm² de la section primitive S	ALLONGEMENT MINIMUM 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66,67S}$
Essieux en acier pour locomotives et tenders	45 kilogrammes	25

ESSAI DE TEXTURE

Prélèvements. — A l'un et à l'autre bout de chaque essieu ébauché ou fini, une rondelle est prélevée dans la partie formant excédent de longueur.

Ces rondelles sont obtenues par une saignée pratiquée au tour, à distance convenable, et jusqu'à ce que la partie cylindrique, concentrique au pourtour de l'essieu conserve un diamètre au moins égal à 45 millimètres.

Mode d'essai. — Elles seront détachées au choc, en présence de l'agent réceptionnaire.

Résultats. — La texture devra présenter un grain fin, sans défaut ni soufflure.

Corps de roues en acier moulé.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — La présente spécification s'applique aux corps de roues en acier moulé, bruts, ébauchés ou finis, suivant les indications de la commande.

Marques de fabrication. — Chaque corps de roue portera aux emplacements indiqués par les dessins, les marques suivantes : 1° la marque du fournisseur ; 2° le numéro de coulée ; 3° le mois et l'année de fabrication (cette dernière exprimée par les deux derniers chiffres du millésime) ; 4° et toutes autres marques demandées par la Compagnie.

Les lettres et chiffres seront très lisibles et auront au moins 12 millimètres de hauteur.

L'emploi de poinçons à arêtes vives pour l'apposition des marques est interdit.

Si les marques sont apposées à froid, cette opération sera faite avant le recuit.

Fabrication. — L'acier employé à la fabrication sera obtenu au creuset, au four Martin ou au convertisseur, selon les indications des commandes.

L'emploi, dans les charges, de fonte contenant plus de 0.1 0 0 de phosphore est absolument interdit.

Recuit. — Tous les corps de roues devront être recuits. La réussite du recuit est constatée par l'examen de la cassure des masselottes dont la texture doit être régulière, exempte de cristaux à facettes et de rayonnements normaux aux surfaces extérieures. Essayées au burin, ces pièces devront permettre de lever un copeau comme on peut l'obtenir sur de l'acier ordinaire forgé ou laminé et non trempé.

Aspect. — Les parties brutes seront parfaitement ébarbées, dessablées et nettoyées : l'oxyde dont elles se recouvrent au recuit sera entièrement enlevé ; la jante sera régulière et les parties déformées par le retrait ou par le recuit seront convenablement dégauchies.

Les corps de roues ne devront présenter aucune trace de raccords de moulage : ils devront être exempts de criques et de tapures ; les soufflures, piqûres, gouttes froides, retassures, traces de brûlures ou autres défauts devront être sans importance au point de vue de l'emploi. La Compagnie est juge de l'acceptation ou du rebut des pièces présentant de tels défauts.

Les pièces devront être livrées sans aucune peinture, même à la plombagine ou à la poudre d'ardoise.

Réparations. — Toute trace de réparation, travail au marteau ou au burin, ayant pour but de masquer les défauts, est une cause de rebut.

L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels qu'il jugera sans importance pour le bon emploi des corps de roues.

Le mode de réparation devra être approuvé par l'ingénieur en chef de la Compagnie.

Tolérances. — Les parties finies d'ajustage doivent être conformes aux indications des dessins ou des commandes. En ce qui concerne les autres parties, les tolérances suivantes sont admises:

Sur la position d'un point quelconque de la toile, soit dans un plan passant par l'axe de révolution, soit par rapport à un plan de comparaison perpendiculaire à cet axe : 2 millimètres ;

Sur les autres dimensions ± 10 p. 100, sans que la tolérance puisse excéder ± 5 millimètres.

On admettra d'ailleurs, sur les poids indiqués dans les commandes ou sur les dessins, des tolérances de :

	VOITURES WAGONS ET TENDERS	LOCOMOTIVES
Roues brutes	— 3 p. 100 + 10 p. 100	— 2 p. 100 + 8 p. 100
Roues ébauchées ou finies	— 3 p. 100 + 7 p. 100	— 3 p. 100 + 5 p. 100

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Nature des essais. — Les essais auxquels seront soumis les corps de roues sont les suivants :

Sur éprouvettes	essai de traction. essai de choc.
Sur les pièces elles-mêmes	essai de résistance (défonçage et mandrinage). épreuve d'équilibrage.

Il pourra, en outre, être fait un essai pour déterminer la teneur en phosphore, laquelle ne devra pas excéder 0,07 0/0.

Proportion des essais. — La proportion des essais est la suivante :

Sur éprouvettes.	Traction :	1 par coulée.
	Choc :	1 d°
Sur pièces.....	Essai de défonçage :	sur toutes les roues. — 1 par 100 pièces
	Essai de mandrinage :	sur les roues simples seulement. — 1 par 100 pièces
	Equilibrage (pour les roues simples seulement).	individuellement pour les roues à livrer finies ou ébauchées. — 1 par 50 pour les roues à livrer brutes.

Teneur en phosphore : 1 par coulée.

Toute fraction de lot peut donner lieu à une série complète d'essais, au gré de la Compagnie.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des essais.

Prélèvements. — Les barreaux d'essais seront, au choix du fabricant, prélevés soit dans les parties les moins fatiguées des corps de roues ayant subi l'épreuve de résistance, soit dans la meilleure partie des masselottes après le recuit des pièces, soit dans des appendices attenant aux pièces.

Le moulage des lingots d'essais en châssis séparés n'a lieu que sur autorisation spéciale, et, dans ce cas, ces lingots sont coulés au sable ou en coquille, comme les pièces, et recuits dans la même fournée que celles-ci.

Découpage et finissage. — Les barreaux sont découpés à froid et ne subissent d'autre travail que le découpage à la machine-outil et le tournage, s'il y a lieu.

Les prélèvements déformés présentant dans leur plus forte ondulation une flèche inférieure à 2 0/0 de la corde seront redressés à froid : lorsque la déformation sera plus grande, le redressement pourra se faire à chaud en présence d'un agent réceptionnaire, la température ne devant pas dépasser le rouge sombre. Les barreaux de choc pourront toujours être redressés à chaud dans les mêmes conditions.

Les arêtes des barreaux pour essais de choc seront légèrement adoucies à la lime, sans congé appréciable.

Préparation des corps de roues d'essais. — Les corps de roues choisis pour les essais de défonçage et de mandrinage du moyeu auront la jante et la hauteur du moyeu dégrossies à 2 millimètres près de la cote finie et le moyeu alésé à la cote finie.

Par raison d'économie, les corps de roues choisis pour ces essais seront pris, de préférence, parmi ceux présentant quelque défaut de forme, de nature à les rendre impropres au service.

Poinçons de la Compagnie. — Les corps de roues et les barreaux d'essais conserveront les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir indiqués ci-après, dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées, pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAI DE TRACTION

Formes des éprouvettes. — Les têtes d'attache sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essais; leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes, sous la condition de ne pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction : têtes excentriques, non symétriques, etc...

Les éprouvettes seront rondes et tournées : leurs extrémités peuvent être prises entre coins striés.

Repères. — L'écartement entre repères, pour le relevé de l'allongement, est déterminé par la formule $L = \sqrt{66{,}67S}$, S étant la section. Ces repères sont croisés à partir de la naissance des congés. La fraction entre ces repères qui servira à calculer l'allongement pour 100 sera celle comprenant la section de rupture.

Dimensions des éprouvettes. — Eprouvettes cylindriques : pas plus de 25 millimètres de diamètre.

Les dimensions à adopter de préférence sont les suivantes :

Diamètre	$15^{mm},96$
Section	200^{mm2}
Ecartement entre repères	115^{mm}
Longueur de la partie calibrée	147^{mm}

Durée de l'essai. — Température. — L'essai a lieu par traction progressive, à la température ambiante. Sa durée, selon le volume du barreau, sera comprise entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont ceux des catégories M 1 ou M 3 des aciers moulés, c'est-à-dire :

RÉSISTANCE MINIMA par mm² de la section primitive S	ALLONGEMENT MINIMUM 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66.67S}$
40 kilogrammes ou 45 —	20 15

ESSAI DE CHOC SUR BARREAUX

Prélèvements. — Dimensions. — Les barreaux d'essais seront ramenés par finissage à une section carrée de 30 millimètres de côté et à une longueur d'environ 200 millimètres.

Mode d'essai. — Chaque barreau placé horizontalement sur deux couteaux espacés de 160 millimètres d'axe en axe et fixés sur une enclume ou chabotte pesant au moins 500 kilogrammes devra supporter le choc d'un mouton du poids de 50 kilogrammes tombant librement d'une hauteur constante de 3 mètres, au milieu de l'intervalle des points d'appui.

La panne du mouton sera terminée par une partie cylindrique à rayon de 15 millimètres environ sur un développement de 90°.

Après avoir supporté un premier choc, le barreau sera retourné sens dessus dessous et recevra deux chocs consécutifs, puis alternativement deux chocs dans chaque sens jusqu'à rupture.

Résultats. — Les barreaux doivent pouvoir supporter avant crique ou rupture les nombres de chocs ci-après, en comptant les chocs de redressement :

Trois, au minimum, si le métal est classé par l'essai de traction dans la catégorie M 1 soit : R = 40 kilogrammes minimum, A = 20 0/0 minimum.

Deux, au minimum, si le métal est classé par l'essai de traction dans la catégorie M 3, soit : R = 45 kilogrammes minimum, A = 15 0/0 minimum.

Pour se renseigner en outre sur la qualité du métal, l'essai sera toujours poursuivi jusqu'à la rupture du barreau.

ESSAIS SUR LES PIÈCES

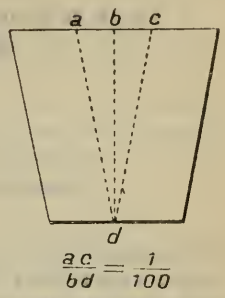
Défonçage du moyeu. — Le corps de roue dégrossi et alésé, étant posé à plat de telle manière que la jante soit appuyée sur une couronne et soit seule soutenue, le moyeu sera déformé par des chocs, ou à la presse, jusqu'à ce que le plan de sa face supérieure se soit abaissé d'une hauteur égale à 4 0/0 du diamètre à la jante.

Résultats. — Il ne devra se manifester, au cours de cet essai, aucune crique, gerçure, ni indice de rupture. On ne tiendra pas compte toutefois des criques, gerçures ou indices de rupture qui se produiraient sur des bras ou nervures n'aboutissant pas au moyeu.

Après ce premier essai, on détachera le moyeu des bras, nervures ou toile qui le relient à la jante, en les rompant à l'aide du pilon ou de la presse, ou en employant tout autre procédé si la rupture ne peut être obtenue ainsi.

Les cassures devront être homogènes, avec texture à grains fins et réguliers, sans soufflures.

Mandrinage du moyeu (sur les roues simples seulement). — Dans le moyeu, détaché comme il est dit plus haut, on introduira successivement, par le côté de la grande saillie lorsque le type en comporte, des poinçons d'une conicité de 1/100 que l'on enfoncera jusqu'à ce que le diamètre intérieur du moyeu mesuré du côté de l'entrée des poinçons, soit agrandi de 5 0/0.



Résultats. — Il ne devra se manifester, au cours de cet essai, ni crique, ni gerçure, ni indice de rupture. L'essai sera ensuite continué jusqu'à rupture et les cassures devront être homogènes, avec texture à grains fins et réguliers sans soufflures.

ÉPREUVE D'ÉQUILIBRAGE

Prélèvements (pour les roues simples seulement). — Si la commande porte que les roues sont à livrer brutes, une roue sur 50 sera tournée et alésée pour subir l'essai.

Mode d'essai. — *Résultats.* — Le balourd mesuré à l'extrémité d'un rayon de 0m,500 ne devra pas dépasser 250 grammes.

Corps de roues à rayons ou à toile avec nervures en fer ou en acier soudé.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — La présente spécification s'applique aux corps de roues à rayons ou à toile avec nervures, en fer ou en acier soudé, bruts, ébauchés ou finis, suivant les indications de la commande.

Ces corps de roues peuvent être :

1° A rayons simples ;

2° A rayons doubles formés de bandes laminées ;

3° A toile avec nervures.

Marques de fabrication. — Chaque corps de roue portera, aux emplacements indiqués par les dessins, les marques suivantes :

1° La marque du fournisseur ;

2° Le mois et l'année de fabrication (cette dernière exprimée par les deux derniers chiffres du millésime) ;

3° Et toutes autres marques demandées par la Compagnie.

Les lettres et chiffres seront très lisibles et auront au moins 12 millimètres de hauteur.

L'emploi de poinçons à arêtes vives, pour l'apposition des marques, est interdit.

Fabrication. — Les corps de roues seront parfaitement soudés. Les soudures en coin des rais entre eux devront être suffisamment étendues et chargées pour ne laisser aucun manque de matière après tournage.

Tout encollage direct de rondelles isolées, posées à plat pour former des saillies, est rigoureusement interdit.

Recuit. — Les corps de roues en acier devront être recuits.

Aspect extérieur. — Les parties brutes seront parfaitement parées sans bavures, ni traces de jonction de matrice. La jante sera régulière. Les parties déformées par le retrait ou le recuit seront convenablement dégauchies.

Les corps de roues devront être exempts de criques et fissures ; les pailles, défauts de soudure et autres devront être sans importance au point de vue de l'emploi.

La Compagnie est juge de l'acceptation ou du rebut des pièces présentant de tels défauts.

Réparations. — Toute trace de réparation, travail au marteau ou au burin, ayant pour but de masquer les défauts, est une cause de rebut.

L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels, qu'il jugera sans importance pour le bon emploi du corps de roue.

Tolérances. — Les parties finies d'ajustage doivent être conformes aux indications des dessins ou des commandes. En ce qui concerne les autres parties, les tolérances suivantes sont admises :

		VOITURES WAGONS ET TENDERS	LOCOMOTIVES
Sur la position d'un point quelconque de la toile, soit dans un plan passant par l'axe de révolution, soit par rapport à un plan de comparaison perpendiculaire à cet axe		2 mm.	2 mm.
Sur les autres dimensions		∓ 10 p. 100	∓ 10 p. 100
Sans que la tolérance puisse excéder		— 3 mm. + 5 mm.	— 3 mm. + 7 mm.
On admettra sur les poids indiqués dans les commandes ou sur les dessins, des tolérances de :	roues brutes	— 3 p. 100 + 10 p. 100	— 2 p. 100 + 8 p. 100
	roues ébauchées ou finies	— 3 p. 100 + 7 p. 100	— 2 p. 100 + 4 p. 100

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Nature des essais. — Les essais sont les suivants :

Sur le métal devant servir à la confection des corps de roues :

Essai de soudabilité, trempe et pliage (pour l'acier seulement).

Sur les pièces elles-mêmes :

Essai de résistance (*défonçage et mandrinage*) ;

Epreuve d'équilibrage.

Proportion des essais. — La proportion des essais est la suivante :

Soudabilité : 1 essai par livraison ou par 100 corps de roues.

Essai de défonçage et mandrinage : 1 essai par 100 pièces.

Equilibrage (pour les roues simples seulement) : individuellement pour les roues à livrer finies ou ébauchées ;

Un par 50 pour les roues à livrer brutes.

Toute fraction de lot peut donner lieu à une série complète d'essais au gré de la Compagnie.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des essais.

Prélèvements. — Les barreaux d'essais seront prélevés dans les matières devant servir à la confection des corps de roues en acier soudé seulement.

Découpage et finissage. — Les barreaux sont découpés à froid et ne subissent d'autre travail que le découpage à la machine-outil et le tournage s'il y a lieu.

Les prélèvements déformés, présentant dans leur plus forte ondulation une flèche inférieure à 2 0/0 de la corde, seront redressés à froid : lorsque la déformation sera plus grande, le redressement pourra se faire à chaud en présence de l'agent réceptionnaire, la température ne devant pas dépasser le rouge sombre.

Préparation des corps de roues d'essais. — Les corps de roues choisis pour les essais de défonçage et de mandrinage du moyeu auront la jante et la hauteur du moyeu dégrossies à 2 millimètres près de la cote finie et le moyeu alésé à la cote finie.

Par raison d'économie, les corps de roues choisis pour ces essais seront pris, de préférence, parmi ceux présentant quelque défaut de forme, de nature à les rendre impropres au service.

Poinçons de la Compagnie. — Les corps de roues et barreaux d'essais conserveront les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir indiqués ci-après, dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées, pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ÉPREUVE DE SOUDABILITÉ, TREMPE ET PLIAGE

Prélèvements (sur le métal devant servir à la confection des corps de roues en acier soudé seulement). — Les prélèvements auront de 15 à 25 millimètres d'épaisseur et 40 millimètres de largeur, sur 250 millimètres de longueur environ.

Mode d'essai de soudure. — L'éprouvette sera rompue en son milieu en deux parties, puis soudée et forgée. Les deux parties doivent être réunies bout à bout par une soudure dite par amorces et à chaude portée.

Chaque amorce à forme convexe, inclinée à 45°, présentera une

surface de soudure du double environ de la section droite primitive du barreau.

La soudure devra être obtenue au moyen de deux chaudes, l'une chaude suante, l'autre chaude de ressuée.

L'éprouvette sera ensuite convenablement parée.

Mode de trempe et de pliage. — Les barreaux sont chauffés au rouge cerise un peu sombre (700°) et trempés à l'eau à 28°, le volume d'eau étant considérable par rapport à celui de l'éprouvette. Après refroidissement, les barreaux seront pliés sur un empreint (*fig.* 1) au moyen d'un coin ou dégorgeoir arrondi suivant un rayon r au plus égal à l'épaisseur du barreau.

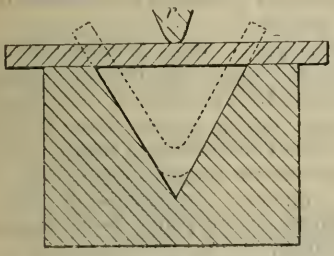


Fig. 1.

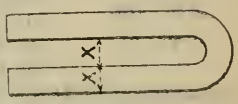


Fig. 2.

On admettra tout autre dispositif permettant de plier la barrette à l'angle voulu, sur un mandrin présentant le rayon r indiqué plus haut.

Les barreaux sont pliés sur le plat de la soudure jusqu'au parallélisme des deux branches, avec un écartement intérieur égal à leur épaisseur X (*fig.* 2).

Résultats. — Ces pliages doivent être obtenus sans décollement, rupture, ni défaut.

Pour s'assurer en outre de la perfection de la soudure, on ouvrira et on fermera alternativement l'angle de pliage, afin de provoquer la rupture qui devra être entièrement saine, sans parties dessoudées.

ESSAIS SUR LES PIÈCES

Défonçage du moyeu. — Le corps de roue dégrossi et alésé étant posé à plat de telle manière que la jante soit appuyée sur une couronne et soit seule soutenue, le moyeu sera déformé par des chocs, ou à la presse, jusqu'à ce que le plan de sa face supérieure se soit abaissé d'une hauteur égale à 1 0/0 du diamètre à la jante pour les corps de roues à rayons, et à 1,5 0/0 pour les corps de roues à toile nervurée.

Résultats. — Il ne devra se manifester, au cours de cet essai, aucune crique, gerçure, ni indice de rupture. On ne tiendra pas compte toutefois des criques, gerçures ou indices de rupture qui se produiraient sur des bras ou nervures n'aboutissant pas au moyeu.

Après ce premier essai, on détachera le moyeu des bras, nervures ou toile qui le relient à la jante, en les rompant, soit au pilon, soit à la presse, ou en employant tout autre procédé si la rupture ne peut être obtenue ainsi.

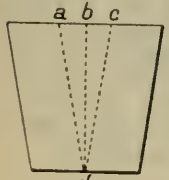


Fig. 3.

Les cassures doivent présenter l'apparence d'un métal de bonne qualité.

Mandrinage du moyeu. — Dans le moyeu détaché comme il est dit plus haut, on introduira successivement, par le côté de la grande saillie lorsque le type en comporte, des poinçons d'une conicité de 1/100 (*fig.* 3), que l'on enfoncera jusqu'à ce que le diamètre intérieur du moyeu, mesuré du côté de l'entrée des poinçons, soit agrandi de 3 0/0.

Résultats. — Il ne devra se manifester, au cours de cet essai, ni crique, ni gerçure, ni indice de rupture.

L'essai sera ensuite continué jusqu'à rupture et les cassures devront présenter l'apparence d'un métal de bonne qualité.

ÉPREUVE D'ÉQUILIBRAGE

Prélèvements (pour les roues simples seulement). — Si la commande porte que les roues sont à livrer brutes, 1 roue sur 50 sera tournée et alésée pour subir l'essai.

Mode d'essai. — *Résultats.* — Le balourd mesuré à l'extrémité d'un rayon de $0^m,500$ ne devra pas dépasser 250 grammes.

Corps de roues à centres pleins sans nervures en fer ou en acier.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — La présente spécification s'applique aux corps de roues à centres pleins, sans nervures, en fer ou en acier, forgés ou laminés, bruts, ébauchés ou finis, suivant les indications de la commande.

Ces corps de roues peuvent être :

1° A toile plane;

2° A toile ondulée.

Marques de fabrication. — Chaque corps de roue portera, aux emplacements indiqués par les dessins, les marques suivantes :

1° La marque du fournisseur;

2° Le numéro de coulée, s'il y a lieu;

3° Le mois et l'année de fabrication (cette dernière exprimée par les deux derniers chiffres du millésime);

4° Et toutes autres marques demandées par la Compagnie.

Les lettres et chiffres seront très lisibles et auront au moins 12 millimètres de hauteur.

L'emploi de poinçons à arêtes vives, pour l'apposition des marques, est interdit.

Fabrication. — Les corps de roues en acier seront obtenus par le forgeage ou le laminage de pièces en acier moulé, exemptes de soufflures et retassures, et provenant du traitement sur sole, ou au convertisseur, de matières de bonne qualité. Le métal des corps de roues devra se laisser attaquer facilement au burin.

Recuit. — Les corps de roues en acier seront recuits.

Aspect extérieur. — Les parties qui doivent rester brutes seront parfaitement parées, sans bavure, ni trace de jonction de matrice; la jante sera régulière. Les parties déformées par le retrait ou le recuit seront convenablement dégauchies.

Les corps de roues devront être exempts de criques et fissures; les pailles, gerçures et autres défauts devront être sans importance au point de vue de l'emploi.

La Compagnie est juge de l'acceptation ou du rebut des pièces présentant de tels défauts.

Réparations. — Toute trace de réparation, travail au marteau ou

au burin, ayant pour but de masquer les défauts, est une cause de rebut.

L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels, qu'il jugera sans importance pour le bon emploi du corps de roue.

Tolérances. — Les parties finies d'ajustage doivent être conformes aux indications des dessins ou des commandes. En ce qui concerne les autres parties, les tolérances suivantes sont admises :

Sur la position d'un point quelconque de la toile, soit dans un plan passant par l'axe de révolution, soit par rapport à un plan de comparaison perpendiculaire à cet axe		2 mm.
Epaisseur en un point quelconque		— 2 mm. + 3 mm.
On admettra d'ailleurs sur les poids indiqués dans les commandes ou sur les dessins, des tolérances de :	roues brutes	— 3 p. 100 + 5 p. 100
	roues ébauchées ou finies	— 3 p. 100 + 4 p. 100

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Nature des essais. — Les essais auxquels sont soumis les corps de roues sont les suivants :

Sur les pièces elles-mêmes :

Essai de résistance (défonçage et mandrinage).

Epreuve d'équilibrage.

Il pourra, en outre, être fait un essai pour déterminer, sur les corps de roues en acier seulement, la teneur en phosphore, laquelle ne devra pas excéder 7 centièmes 0/0.

Proportion des essais. — La proportion des essais est la suivante :

Essai de défoncage et mandrinage : 1 par 100 pièces.

Equilibrage : Individuellement pour les roues à livrer finies ou ébauchées ;

Un par 50 pour les roues à livrer brutes.

Teneur en phosphore (corps de roues en acier) : 1 par coulée.

Toute fraction de lot peut donner lieu à une série complète d'essais au gré de la Compagnie.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des essais.

Préparation des corps de roues d'essais. — Les corps de roues choisis pour les essais de défonçage et de mandrinage du moyeu auront la jante et la hauteur du moyeu dégrossies à 2 millimètres près de la cote finie, et le moyeu alésé à la cote finie.

Par raison d'économie, les corps de roues choisis pour ces essais seront pris, de préférence, parmi ceux présentant quelque défaut de forme, de nature à les rendre impropres au service.

Poinçons de la Compagnie. — Les corps de roues d'essais conserveront les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir indiqués ci-après, dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

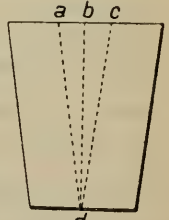
ESSAIS SUR LES PIÈCES

Défonçage du moyeu. — Le corps de roue dégrossi et alésé étant posé à plat de telle manière que la jante soit appuyée sur une couronne et soit seule soutenue, le moyeu sera déformé par des chocs, ou à la presse, jusqu'à ce que le plan de sa face supérieure se soit abaissé d'une hauteur égale à 2 0/0 du diamètre à la jante s'il s'agit d'un corps de roue en fer, ou à 4 0/0 s'il s'agit d'un corps de roue en acier.

Résultats. — Il ne devra se manifester, au cours de cet essai, aucune crique, gerçure, ni indice de rupture.

Après ce premier essai, on détachera le moyeu de la toile qui le relie à la jante, en rompant cette toile, soit au pilon, soit à la presse, ou en employant tout autre procédé si la rupture ne peut être obtenue ainsi.

Les cassures devront présenter l'apparence d'un métal de bonne qualité.



$$\frac{ac}{bd} = \frac{1}{100}$$

Mandrinage du moyeu. — Dans le moyeu détaché comme il est dit plus haut, on introduira successivement, par le côté de la grande saillie lorsque le type en comporte, des poinçons d'une conicité de 1/100 que l'on enfoncera jusqu'à ce que le diamètre intérieur du moyeu, mesuré du côté de l'entrée des poinçons, soit agrandi de 3 0/0 s'il s'agit d'un corps de roue en fer, ou de 5 0/0 s'il s'agit d'un corps de roue en acier.

Résultats. — Il ne devra se manifester, au cours de cet essai, ni crique, ni gerçure, ni indice de rupture.

L'essai sera ensuite continué jusqu'à rupture, et les cassures devront présenter l'apparence d'un métal de bonne qualité.

ÉPREUVE D'ÉQUILIBRAGE

Prélèvements. — Si la commande porte que les roues sont à livrer brutes, 1 roue sur 50 sera tournée et alésée pour subir l'essai.

Mode d'essai. — Résultats. — Le balourd mesuré à l'extrémité d'un rayon de $0^{m},500$ ne devra pas dépasser 250 grammes.

Bandages en acier de locomotives, tenders, voitures et wagons.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Les bandages en acier pour locomotives, tenders, voitures et wagons sont classés en quatre catégories : A, B, C et D.

Marques de fabrication. — Chaque bandage porte, sur sa face plane extérieure, les marques de fabrication indiquées par les dessins ou les commandes et notamment :

1° Le numéro de la coulée ;

2° La marque du fournisseur ;

3° Le numéro du mois et les deux derniers chiffres du millésime de l'année de fabrication ;

4° L'indice de la catégorie du métal.

Exemple : 2320. NE. 3.06. A.

Ces marques sont poinçonnées à chaud, assez profondément, le plus près possible de la circonférence intérieure, pour qu'elles ne puissent pas disparaître aux tournages ultérieurs.

Fabrication. — Les bandages proviendront de lingots d'acier fondu fabriqués au four Martin à sole basique.

La Compagnie se réserve d'autoriser l'emploi de la sole acide lorsqu'elle trouvera des garanties suffisantes sur la qualité des riblons utilisés dans les charges.

L'emploi, dans les charges, de fontes contenant plus de 0.1 0/0 de phosphore est absolument interdit.

Les lingots sont complètement affranchis, soit par la débouchure résultant du poinçonnage, soit par tout autre moyen, de toutes parties souffleuses de la tête et du pied et de toutes traces de la poche de retassement.

Les lingots sont ébauchés, à l'aide du marteau-pilon, en rondelles qui, après nettoyage et ébarbage, sont laminées au diamètre et au profil voulus.

Recuit. — Le recuit des bandages de toutes catégories est obligatoire.

Aspect extérieur. — Les bandages doivent être sains dans toutes leurs parties et ne présenter aucune crique, gerçure, soufflure, paille, bavure, reprise, ni aucun manque de matière, repli ou défaut quelconque pouvant nuire à l'emploi.

Réparations. — Toute trace de réparation, travail au marteau ou au burin, ayant pour but de masquer les défauts, est une cause de rebut

L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels qu'il jugera sans importance pour le bon emploi du bandage.

Tolérances sur les dimensions. — Les tolérances suivantes sont seules admises :

1° Diamètres :

	SUR LE DIAMÈTRE intérieur du bandage brut	SUR LE DIAMÈTRE extérieur mesuré au roulement
Pour les bandages à diamètre intérieur **D** de commande :		
D $\leqslant$ 0m,920.....	+ o ; — 3mm	— o ; + 4mm
0m,920 < **D** $\leqslant$ 1 ,200.....	+ o ; — 4	— o ; + 5
D > 1 ,200.....	+ o ; — 5	— o ; + 6

2° Largeur : — 0; + 2 millimètres.

L'ovalisation, le faux rond, le cône, le voile, sont limités à 2 millimètres par mètre, quel que soit le diamètre.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Etat des bandages à la présentation en recette. — Les bandages seront présentés à la réception, après recuit, groupés par lot ne comprenant que des bandages provenant tous d'une même coulée, mais pouvant être de types différents.

Nature des essais. — Les essais auxquels seront soumis les bandages sont les suivants :

NATURE DES ESSAIS	PROPORTION DES ESSAIS
Essai de traction } Sur bandages des catégories **A**, Essai de choc } **B** et **C**.....	Un bandage par coulée
Ces essais sont remplacés par l'essai suivant pour les bandages de la catégorie **D** seulement :	
Essai d'aplatissement à la presse hydraulique suivi d'essai de choc.....	Un bandage par coulée

Il pourra, en outre, être fait un essai chimique par coulée pour déterminer la teneur en phosphore, laquelle ne devra pas excéder 0,07 0/0.

L'agent réceptionnaire choisit et poinçonne, dans chaque lot présenté, le bandage destiné aux essais.

Chapitre III. — **Prélèvement et préparation des éprouvettes.**

Traçage des prélèvements. — En vue des essais de traction, une éprouvette est prélevée, après les essais de choc, dans la partie du bandage la moins fatiguée et le plus près possible de la surface d'alésage. Ce prélèvement est tracé, poinçonné et repéré sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire.

Découpage des éprouvettes. — Cette opération doit avoir lieu entièrement à froid, à la machine-outil, par mortaisage, sciage, etc...

Finissage. — Le travail de préparation des éprouvettes ajustées doit avoir lieu également à froid, au moyen de machines-outils, sans aucune opération de martelage, trempe ni recuit.

Poinçons de la Compagnie. — Les éprouvettes d'essais conserveront à chaque tête les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — **Modes d'essais. — Résultats à obtenir.**

Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après dans chaque essai, sont des minima absolus.

Tout essai qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAIS AU CHOC

Appareil de choc. — Les essais de choc seront faits à l'aide d'un *mouton* guidé. Le guidage sera absolument rigide, plan et vertical ; il doit être disposé de telle sorte que le frottement, dans la chute du mouton, soit réduit au minimum.

Le mouton doit être de masse et de forme symétriques par rapport au plan du guidage.

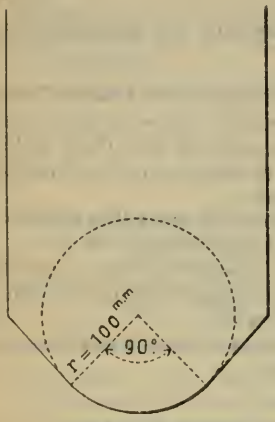
Le *centre* de gravité du mouton doit être placé le plus bas possible dans le plan du guidage et sur la verticale équidistante des deux guides.

La hauteur de la partie guidée du mouton doit être notablement plus grande que l'intervalle entre les guides.

L'appareil à déclic ne doit produire aucun mouvement latéral du mouton lors de sa mise en jeu.

La panne doit être terminée par une partie cylindrique dont l'axe

est horizontal et dans le plan du guidage : le développement de cette partie cylindrique est de 90° et le rayon de 100 millimètres au maximum.



La chabotte doit constituer une masse incompressible d'au moins 15 fois la masse du mouton. Dans le cas où elle comporterait un massif de maçonnerie, le poids de la chabotte métallique ne devra pas être inférieur à 10.000 kilogrammes.

Prélèvement. — Le bandage d'essai est choisi par l'agent réceptionnaire et essayé à l'état de livraison.

Mode d'essai. — Le bandage, placé sur champ sous l'appareil de choc, reçoit sur son sommet les chocs successifs d'un mouton de 1.000 kilogrammes [1] tombant d'aplomb d'une hauteur de 10 mètres.

Cette hauteur de chute est déterminée pour l'épaisseur de 65 millimètres au cercle de roulement du bandage. Lorsque celle-ci est différente, la hauteur est, pour chaque millimètre de différence, augmentée ou diminuée selon le cas de 7 centimètres.

Résultats. — Les bandages doivent pouvoir supporter, sans se rompre ni même se gercer, les nombres de chocs ci-après :

Bandages de la catégorie	A.....	deux chocs
—	B.....	trois chocs
—	C.....	six chocs

L'essai pourra être poursuivi jusqu'à la rupture, celle-ci étant obtenue avec ou sans entaillage.

Les textures doivent montrer un grain fin, serré, bien homogène avec arrachements et sans aucune trace de défauts.

ESSAI DE TRACTION

Prélèvements. — L'éprouvette prélevée et obtenue comme il a été dit au chapitre III sera cylindrique à têtes.

Forme des éprouvettes. — Les têtes d'attache sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essai ; leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes sous la condition de

[1] Si ce poids diffère de peu, l'agent réceptionnaire modifiera la hauteur de chute de façon à obtenir le produit kilogrammétrique PH fixé.

ne pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction : têtes excentrées, non symétriques, etc...

Repères. — L'écartement L entre repères, pour le relevé de l'allongement, est déterminé, quel que soit le diamètre, par la formule $L = \sqrt{66{,}67S}$, dans laquelle L est exprimé en millimètres, et la section S en millimètres carrés.

Ces repères sont croisés à partir de la naissance des congés. La fraction entre ces repères qui servira à calculer l'allongement pour 100 sera celle qui comprendra la section de rupture.

Dimensions des éprouvettes. — Les dimensions à adopter de préférence sont les suivantes :

Partie calibrée..	Diamètre	15mm,96
	Section	200mm2
	Longueur	147mm
	Ecartement entre repères	115mm

Le rayon de raccordement de la partie calibrée aux têtes aura uniformément 10 millimètres.

Durée de l'essai. — L'essai a lieu par traction progressive, à la température ambiante. Sa durée, proportionnelle au volume de l'éprouvette, sera comprise entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont indiqués au tableau ci-après :

CATÉGORIES des bandages	ESSAI DE TRACTION A FROID	
	Résistance minima par mm2 de la section primitive S	Allongement minimum 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66{,}67S}$
A	60 kilogrammes	18
B	70 —	14
C	70 —	14

ESSAI D'APLATISSEMENT A LA PRESSE HYDRAULIQUE SUIVI D'ESSAI DE CHOC

Prélèvement. — Catégorie D seulement.

Le bandage choisi pour l'essai est alésé au préalable, de manière que son épaisseur mesurée à la table de roulement soit réduite à 55 millimètres.

Mode d'essai d'aplatissement. — Le bandage est alors soumis à l'action d'une machine à essayer à la compression agissant aux deux extrémités d'un même diamètre extérieur et tendant à aplatir le bandage, par l'intermédiaire de cales d'appui de 200 millimètres de hauteur mesurée suivant le plan du bandage.

La machine à essayer à la compression doit avoir un organe de compression et un organe de mesure distincts. L'organe de compression doit être combiné de façon à produire des accroissements de charges progressifs et sans chocs, l'axe neutre du bandage soumis à la compression devra coïncider avec la direction des efforts exercés par la machine. Les surfaces d'appui doivent être en métal dur indéformable, afin de ne pas s'écraser sous ces efforts. L'organe de mesure doit être aussi simple que possible pour que son entretien et sa vérification soient faciles; il doit être disposé pour n'enregistrer que les efforts réellement nécessaires à l'aplatissement du bandage, abstraction faite des résistances passives de la machine, jeu des organes, frottements, etc...

Le bandage est aplati de 17 0/0 de son diamètre primitif. La charge nécessaire pour produire cet aplatissement doit être au moins égale à celle déterminée par la formule ci-après :

$$P = 15.334.355 \frac{I}{D^3},$$

dans laquelle :

P, est la pression exprimée en tonnes;

I le moment d'inertie de la section du bandage alésé, pris par rapport à un axe mené par le centre de gravité de cette section parallèlement à l'axe du bandage (les divers éléments entrant dans la détermination de ce moment d'inertie sont exprimés en mètres);

D, le diamètre du bandage, après alésage, exprimé en mètres.

Résultats de l'essai d'aplatissement. — Le bandage essayé comme il est dit ci-dessus ne doit pas se rompre, ni même se gercer.

Essai de choc après aplatissement (suite de l'essai précédent). — Le bandage aplati à la presse est placé sur champ, le grand axe de l'ellipse qu'il forme étant vertical, sous l'appareil de choc décrit au chapitre IV.

Il reçoit d'aplomb sur son sommet trois chocs successifs d'un mouton de 1.000 kilogrammes.

La hauteur de chute des deux premiers coups sera de 10 mètres. La hauteur de chute du troisième coup sera telle que, par l'effet des trois chocs réunis, le diamètre suivant lequel s'exercent les chocs soit ramené à n'avoir plus que les 83 centièmes du diamètre que présentait le bandage après alésage.

Résultats de l'essai de choc après aplatissement. — Le bandage

essayé doit supporter les trois coups de mouton sans présenter aucune crique, ni indice de rupture.

L'essai pourra être poussé jusqu'à la rupture, celle-ci étant obtenue avec ou sans entaillage. Les textures doivent montrer un grain fin, serré, bien homogène, avec arrachements et sans aucune trace de défauts.

Plaques de foyers et planches [1] en cuivre rouge.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Une seule qualité.

Marques de fabrication. — Chaque pièce livrée aux dimensions de commande sera frappée, d'une façon indélébile, de la marque du fournisseur et de la date de fabrication (mois et deux derniers chiffres du millésime). Exemple : CM. 9.02.

Les plaques de foyers recevront la marque, autant que possible, à la partie inférieure ou à l'un des angles.

Fabrication. — Le cuivre rouge employé doit être de première qualité (équivalente à celle dite « corocoro »), affiné avec le plus grand soin, parfaitement homogène et très malléable; sa cassure fraîche doit être rose et soyeuse.

Il doit être aussi pur que possible.

La proportion totale de matières étrangères : métaux, oxydes, soufre et arsenic, ne devra pas dépasser quatre millièmes.

Les lingots seront sains et exempts de piqûres, soufflures, reprises ou autres défauts ; ils seront débarrassés, à la machine-outil, de la croûte superficielle crispée que présente leur surface supérieure.

Cette opération n'est pas exigée pour les lingots destinés à la fabrication des planches ayant une épaisseur plus petite que 8 millimètres.

Avant laminage, les lingots seront purgés au burin de toutes pailles soufflures ou autres défauts apparents ; ils seront ensuite dégrossis au laminoir, soumis de nouveau au dépaillage avant laminage à la cote définitive et enfin ébautés aux deux extrémités de façon à supprimer les régions sujettes aux piqûres.

Aspect extérieur. — Dressage. — Les plaques de foyers et les planches seront recuites et décapées avec soin après le laminage ou le façonnage suivant le cas ; elles présenteront des surfaces parfaitement propres, lisses, exemptes entièrement de piqûres, dartres, gerçures, manques de matière ou autres défauts pouvant nuire à leur aspect ou à leur solidité.

[1] Par plaques de foyers, on entend les faces avant, arrière, ciels, flancs de foyers et plaques tubulaires de boîtes à fumée ; — par planches : les feuilles pour usages divers, généralement aux dimensions commerciales $1^m \times 2$ mètres.

Les plaques de foyers seront exécutées dans toutes leurs parties conformément aux indications des dessins ; elles seront parfaitement dressées dans les parties planes ; les bords seront nettement affranchis ; les congés de raccordement seront bien parés et calibrés, en suivant rigoureusement les cotes des dessins. L'emploi du dégorgeoir pour façonner l'intérieur des congés raccordant les bords relevés avec les plaques de foyers, n'est autorisé que si le rayon de la panne de cet outil est au minimum égal à celui du congé.

Réparations. — Toute trace de réparation faite sans l'autorisation de l'agent réceptionnaire et ayant pour but de masquer des défauts, est une cause de rebut.

Écrouissage. — Les plaques tubulaires de boîtes à feu et les plaques tubulaires de boîtes à fumée, seront écrouies, si la commande le prescrit, soit au marteau, soit à la chasse, sur les deux faces dans la partie recevant les tubes, de telle sorte que leur épaisseur soit réduite de 1 millimètre à $1^{mm},5$ par l'écrouissage et corresponde bien à la commande après cette opération.

Tolérances sur les dimensions de surface. — La tolérance est limitée à 8 millimètres en plus, rien en moins, pour les cotes brutes de longueur, de largeur, ainsi que de hauteur des bords relevés.

Pour les plaques de foyers embouties, la forme de la plaque, délimitée par les bords relevés, devra être exactement conforme aux indications du dessin, sans aucune tolérance.

Tolérances sur les épaisseurs. — Les épaisseurs seront aussi uniformes et régulières que possible, les tolérances admises étant, *au maximum*, celles indiquées ci-après :

ÉPAISSEURS en millimètres	TOLÉRANCES EN PLUS — Largeurs			TOLÉRANCES EN MOINS — Largeurs		
	inférieures à 1m,500	de 1m,500 à 1m,999	de 2 m. et au-dessus	inférieures à 1m,500	de 1m,500 à 1m,999	de 2 m. et au-dessus
	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.
Au-dessous de 2mm	0,2	0,3	»	0,1	0,1	»
De 2mm à 3mm,9	0,3	0,4	»	0,2	0,2	»
— 4 à 5 ,9	0,4	0,5	»	0,2	0,2	»
— 6 à 7 ,9	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,3
— 8 à 9 ,9	0,5	0,7	0,9	0,3	0,3	0,3
— 10 à 11 ,9	0,5	0,7	0,9	0,4	0,4	0,4
— 12 à 13 ,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,5	0,5
— 14 à 15 ,9	0,5	0,7	0,9	0,5	0,5	0,5
— 16 à 17 ,9	0,5	0,7	1,0	0,5	0,5	0,5
— 18 à 19 ,9	0,6	0,8	1,1	0,5	0,5	0,5
— 20 à 21 ,9	0,7	0,9	1,2	0,5	0,5	0,5
— 22 à 23 ,9	0,8	1,0	1,3	0,5	0,5	0,5
— 24 à 25 ,9	0,9	1,1	1,4	0,5	0,5	0,5
— 26 et au-dessus	1,0	1,2	1,5	0,5	0,5	0,5

Toute variation d'épaisseur dépassant ces limites pourra donner lieu au rebut.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

État des pièces à la présentation en recette. — Les plaques de foyers seront présentées avec un excédent de matière destiné aux essais, d'environ 800 millimètres de longueur sur 50 millimètres de largeur.

Les planches seront présentées avec des excédents de surface offrant des parties saines suffisantes pour permettre tous les prélèvements d'essais.

Nature des essais. — Les essais auxquels seront soumises les plaques de foyers et les planches sont les suivants :

Essai de traction
Essai de pliage à froid. } sur métal à l'état de livraison ou avant écrouissage.

Il pourra en outre être fait un essai chimique pour déterminer la proportion des matières étrangères.

Proportion des essais :

Essai de traction pour les plaques de foyers et planches d'épaisseur égale ou supérieure à 5 mm.	1 essai par plaque de foyer. 1 essai par lot de planches de 500 kg.
Essai de pliage à froid.	1 essai par plaque de foyer. 1 essai par lot de planches de 500 kg.
Analyse chimique.	1 par lot de 10 plaques de foyers ou planches.

Toute fraction de lot peut donner lieu à une série complète d'essais.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des éprouvettes.

Traçage des prélèvements. — Les prélèvements sont pour le traçage, le poinçonnage et le repérage, faits sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire.

Découpage des prises d'essais. — Dressage. — Cette opération doit avoir lieu entièrement à froid, à la machine-outil, par mortaisage et de préférence par sciage, etc... Les bandes peuvent être aussi détachées à la tranche, au poinçon ou à la cisaille, en évitant, autant que possible, dans ce dernier cas, les déformations dans les découpages successifs.

Les prélèvements déformés seront redressés à froid.

Finissage. — Le travail de préparation des barreaux ajustés doit avoir lieu ensuite entièrement à froid, au moyen de machines-outils, sans aucune opération ultérieure de martelage, trempe, ni recuit. Les faces de laminage sont conservées. Les champs seuls seront travaillés.

Les arêtes des barreaux pour essais de pliage seront légèrement adoucies à la lime, sans congé appréciable.

Pour les éprouvettes destinées aux essais de traction, on laissera toujours au moins un demi-millimètre de matière à enlever à la lime sur les champs, dont les surfaces seront polies à la lime douce.

Poinçons de la Compagnie. — Les barreaux d'essais conserveront à chaque tête les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAIS DE TRACTION

Forme des éprouvettes. — Les têtes d'attache sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essais : leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes, sous la condition de ne pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction : têtes excentrées, non symétriques, etc...

Pour faciliter le travail de mortaisage, de fraisage ou de rabotage en paquet, par série d'épaisseur, toutes les éprouvettes ont une longueur uniforme de 200 millimètres à la partie calibrée.

Repères. — L'écartement L entre repères pour le relevé de l'allongement, est déterminé par la formule $L = \sqrt{66{,}67S}$, S étant la section.

Ces repères sont croisés à partir de la naissance des congés. La fraction entre ces repères qui servira à calculer l'allongement pour cent, sera celle qui comprendra la section de rupture.

Les dimensions des éprouvettes de 5 à 30 millimètres d'épaisseur sont données dans le tableau ci-après :

Tableau des dimensions des éprouvettes pour les épaisseurs de 5 millimètres à 30 millimètres.

ÉPAISSEUR en mm.	SECTION en mm²	ÉCARTEMENT entre repères en mm.	LONGUEUR de la partie calibrée en mm.
	Largeur uniforme de 30 millimètres.		
5	150	100	200
6	180	110	
7	210	120	
8	240	125	
9	270	135	
10	300	140	
	Largeur uniforme de 25 millimètres		
11	275	135	200
12	300	140	
13	325	150	
14	350	155	
15	375	160	
16	400	165	
17	425	170	
18	450	175	
19	475	180	
20	500	185	

ÉPAISSEUR en mm.	SECTION en mm²	ÉCARTEMENT entre repères en mm.	LONGUEUR de la partie calibrée en mm.
Largeur uniforme de 20 millimètres.			
21	420	170	200
22	440		
23	460	175	
24	480	180	
25	500	185	
26	520		
27	540	190	
28	560	195	
29	580	200	
30	600		

Le rayon de raccordement de la partie calibrée aux têtes aura uniformément 10 millimètres.

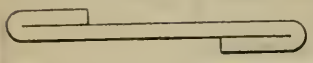
Durée de l'essai. — Température. — L'essai a lieu par traction progressive, à la température ambiante ; sa durée, selon le volume de l'éprouvette, sera comprise entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont indiqués au tableau ci-après :

	ESSAIS DE TRACTION A FROID	
	Résistance minima par mm² de la section primitive S	Allongement minimum 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66{,}67S}$
Plaques de foyers et planches d'épaisseur $\geqq 5^{mm}$.	20 kilogrammes	35

ESSAI DE PLIAGE A FROID

Prélèvements. — Une bande de 250 millimètres environ de longueur et 40 millimètres de largeur.



Mode d'essai. — La bande sera pliée à froid, à bloc suivant la figure ci-contre, soit au marteau à main, à l'étau ou sur l'enclume, soit au marteau-pilon.

Résultats. — La bande doit supporter ce double pliage sans présenter, sur l'une ou l'autre surface aucune crique, gerçure, déchirure ou défaut quelconque.

Barres en cuivre rouge pour entretoises et rivets.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Les barres en cuivre rouge sont classées en une qualité unique.

Marques de fabrication. — Chaque barre sera frappée, vers l'une de ses extrémités, de la marque du fournisseur et de la date de fabrication (mois et deux derniers chiffres du millésime). Exemple : C. M. 9. 02.

Fabrication. — Aspect. — Texture. — Le cuivre rouge employé doit être de première qualité (équivalente à celle dite « Corocoro »), affiné avec le plus grand soin, parfaitement homogène et très malléable; il doit être aussi pur que possible.

La proportion totale des matières étrangères : métaux, oxydes, arsenic, soufre, ne devra pas dépasser 0,004.

Les lingots devront être sains et exempts de criques, fissures, etc.. Avant et après le dégrossissage au laminoir, la surface de ces lingots sera nettoyée au burin, s'il y a lieu, pour enlever les pailles, soufflures et autres défauts apparents.

Les rondins dégrossis qui proviennent de lingots coulés verticalement, seront ébautés aux deux extrémités pour éliminer les parties sujettes aux retassures.

Les barres présenteront une surface parfaitement nette, exempte de pailles, fentes, piqûres ou autres défauts.

Les barres pour entretoises seront, suivant les indications des commandes, ou pleines, ou creuses ; ces barres seront calibrées sur toute leur longueur ; elles ne devront pas être recuites après le dernier étirage afin que leur surface soit assez dure pour supporter le filetage.

Les barres autres que celles pour entretoises seront recuites ou non, suivant les indications de la commande.

Toutes les barres pour entretoises seront bien droites.

Elles seront présentées incisées circulairement à 50 millimètres de l'une des extrémités, au tour ou à la scie, sur une profondeur de 3 à 4 millimètres ; l'autre bout étant coupé d'équerre à la scie.

Les barres autres que celles pour entretoises seront coupées d'équerre à la scie, aux deux extrémités.

Réparations. — Toute trace de réparation, travail au marteau ou

au burin, ayant pour but de masquer les défauts, est une cause de rebut. L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels, qu'il jugera sans importance pour le bon emploi de la barre.

Tolérances sur les diamètres et sur les épaisseurs. — Les tolérances admises au maximum sont limitées pour les diamètres et les épaisseurs à :

0mm,1 en plus ou en moins pour les barres pour entretoises.

L'ovalisation ne pourra dépasser cette limite.

0mm,2 en plus ou en moins pour les autres barres.

Il sera, en outre, accordé sur le diamètre du trou des barres creuses pour entretoises, une tolérance de + 0 et — 1mm,5. L'ovale du trou est limité à 1mm,5.

Toute variation de diamètre ou d'épaisseur dépassant ces limites, pourra donner lieu au rebut des barres.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Nature des essais. — Les essais auxquels seront soumises les barres sont les suivants :

Essai de texture. — Sur les barres pour entretoises.

Essai de traction. — Sur les diverses barres (entretoises et rivets).

Essai de pliage. — Sur bouts filetés (pour barres d'entretoise). Sur bouts non filetés (pour barres à rivets).

Essai de poinçonnage. — Sur les barres pour entretoises.

Il pourra, en outre, être fait un essai chimique, pour déterminer la proportion des matières étrangères.

Proportion des essais. — Il sera fait un essai de traction et de pliage par 500 kilogrammes ou par lot inférieur à 500 kilogrammes.

L'essai de texture et l'essai de poinçonnage auront lieu sur toutes les barres pour entretoises.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des éprouvettes.

Traçage des prélèvements. — Les prélèvements sont tracés, poinçonnés et repérés sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire.

Découpage et finissage des éprouvettes. — Les éprouvettes seront découpées et façonnées entièrement à froid et ne seront pas recuites.

Poinçons de la Compagnie. — Elles conserveront à chaque tête les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essai. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées, pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAI DE TEXTURE

Les barres pour entretoises incisées à une extrémité, comme il est dit au chapitre I, seront rompues au droit de cette incision.

La cassure doit présenter une texture parfaitement homogène, d'une couleur rosée, soyeuse à grains fins.

ESSAI DE TRACTION

Forme des éprouvettes. — Les éprouvettes seront cylindriques.

Les têtes d'attache sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essais, leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes, sous la condition de ne pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction : têtes excentrées, non symétriques, etc...

Repères. — L'écartement L entre repères, pour le relevé de l'allongement, est déterminé, quel que soit le diamètre, par la formule : $L = \sqrt{66{,}67S}$; S'étant la section.

Ces repères sont croisés à partir de la naissance des congés, et la fraction entre ces repères qui servira à calculer l'allongement pour 100, sera celle qui comprendra la section de rupture.

Dimensions des éprouvettes. — La partie calibrée des éprouvettes sera tournée à 2 millimètres au-dessous du diamètre primitif des barres : on pourra déroger à cette condition lorsque son application ne sera pas possible avec la machine employée dans l'usine.

Durée de l'essai. — Température. — L'essai a lieu par traction progressive, à la température ambiante. Sa durée, proportionnelle au volume de l'éprouvette, sera comprise entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont indiqués au tableau ci-après :

	ESSAIS DE TRACTION A FROID	
	Résistance minima par mm² de la section pleine primitive S	Allongement minimum 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66{,}67S}$
Barres pour entretoises et rivets..	23 kilogrammes	30

ESSAI DE PLIAGE SUR BOUTS FILETÉS

Prélèvements et préparation. — Un bout de barre pour entretoises, non recuit après étirage et d'environ 200 millimètres de longueur, sera fileté sur le tour, au pas de 2 millimètres avec l'angle de 60° et la profondeur du filet de 1mm,3.

Ce filetage sera fait en deux passes seulement; la première en chariotant et la seconde en produisant le filet d'un même coup au profil définitif.

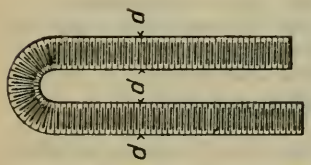


Fig. 1.

Mode d'essai. — Le bout fileté sera plié à froid, en son milieu, au marteau, sur l'enclume, jusqu'au parallélisme des deux branches, avec un écartement entre elles égal au diamètre de la barre (*fig.* 1).

Résultats. — Les filets doivent être parfaitement lisses, sans aucune espèce d'arrachement ou d'égrènement et sans fissures longitudinales, stries ou autres défauts.

Après le pliage, le barreau ne devra présenter ni criques, ni fissures, ni aucun autre défaut.

ESSAI DE PLIAGE SUR BOUTS NON FILETÉS

Prélèvements. — Un bout de barre de 250 millimètres environ de longueur (sur les barres pour rivets).

Mode d'essai. — Ce bout sera plié en son milieu, à bloc et à froid, sans recuit préalable (*fig.* 2).

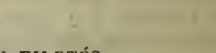


Fig. 2.

Résultats. — L'éprouvette, après essai, ne devra présenter aucune crique, ni rupture, ni défaut quelconque.

ESSAI DE POINÇONNAGE

Prélèvements. — (Sur chaque barre pour entretoises). Bout de 5 centimètres de longueur, tombé à l'essai de texture.

Mode d'essai. — Chaque bout sera percé, suivant son axe, d'un trou de 8 millimètres de diamètre et de 30 millimètres de profondeur. On enfoncera ensuite dans ce trou, à coups de marteau, un poinçon conique à angle de 24°, de façon à ouvrir progressivement le métal et jusqu'à ce que le diamètre d'entrée atteigne 16 millimètres (*fig.* 3).

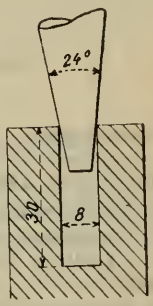


Fig. 3.

Résultats. — Les éprouvettes ne devront présenter aucune fente, ni déchirure, ni trace d'oxyde.

L'essai pourra être poussé jusqu'à la rupture et le métal devra se déchirer en un seul endroit, présentant une cassure soyeuse, exempte de tout défaut.

Toute barre qui ne satisfera pas à ces conditions sera rebutée, et si le nombre de ces barres refusées dépasse 15 0/0 de la quantité des barres présentées, le lot entier pourra être refusé.

Tuyaux en cuivre rouge sans soudure.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Les tuyaux de toutes dimensions, en cuivre rouge sans soudure, sont de deux qualités : A et B.

Marques de fabrication. — Chaque tuyau livré aux dimensions de commande portera :

1° La marque du fournisseur ;

2° La date de fabrication (mois et deux derniers chiffres du millésime) :

3° L'indice de qualité.

Exemple : CM,2.03,A.

Ces marques seront poinçonnées d'une manière très lisible et très nette, à 100 millimètres environ de l'un des bouts.

Dans le cas de tuyaux de diamètres d'au plus 20 millimètres, réunis en bottes, les marques pourront être apposées sur les liens.

Fabrication. — Le cuivre rouge employé doit être de première qualité ; il doit être aussi pur que possible.

La proportion totale de matières étrangères (métaux, oxydes, soufre et arsenic), ne devra pas dépasser 0,4 0/0.

Les tuyaux ne seront pas recuits après la dernière passe d'étirage.

Aspect. — Dressage. — Les tuyaux seront parfaitement cylindriques et devront avoir une épaisseur uniforme sur toute la longueur et sur tout le pourtour ; ils seront bien droits et leurs extrémités seront coupées nettement et d'équerre. Les surfaces intérieure et extérieure doivent être bien décapées, lisses et exemptes de rayures, crevasses, pailles, gerçures ou autres défauts pouvant nuire à l'apparence ou à la solidité.

Réparations. — Toute trace de réparation, travail au marteau ou au burin, ayant pour but de masquer les défauts, est une cause de rebut.

L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels qu'il jugera sans importance pour le bon emploi du tuyau.

Tolérances. — Les tolérances ci-après sont comptées sur les longueurs, diamètres et épaisseurs de commande :

1° Sur les longueurs. — Aucune tolérance en moins n'est admise sur les cotes de longueur fixées ; la tolérance en plus est limitée à 5 millimètres.

2° Sur les diamètres. — Les tolérances admises sont limitées à $0^{mm},5$ en plus ou en moins.

Si le tube est ovalisé, la tolérance sera appliquée à la moyenne entre le plus grand et le plus petit diamètre, mais l'ovalisation (différence entre les deux diamètres) ne devra pas dépasser 2 0/0 du diamètre extérieur résultant de la commande.

3° Sur les épaisseurs: — 2/10 en plus, avec maximum de $0^{mm},6$, sans aucune tolérance en moins.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Les essais auxquels seront soumis les tuyaux sont les suivants :

NATURE DES ESSAIS	PROPORTION DES ESSAIS	QUALITÉS
Essai de pression.....	1 essai par tuyau.	A et B
— d'éclatement.....	1 — 100 tuyaux.	A
— de rabattement des collerettes.....	1 — 25 —	A et B
— d'aplatissement	1 — 100 —	A
— de cintrage.....	1 — 25 —	A et B

Il pourra, en outre, être fait des essais chimiques pour déterminer la proportion de matières étrangères.

Toute fraction de lot peut, au gré de la Compagnie, donner lieu à une série complète d'essais.

Quelle que soit la longueur de commande, un tuyau sera compté pour une unité dans le lot, s'il est présenté à l'agent réceptionnaire avant sa mise à longueur.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des morceaux d'essais.

Traçage des prélèvements. — Les prélèvements sont tracés, poinçonnés et repérés sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire.

Découpage des prises d'essais. — Cette opération doit avoir lieu entièrement à froid.

Poinçons de la Compagnie. — Les morceaux d'essais conserveront les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAI DE PRESSION

Prélèvements (qualités A et B). — Chaque tuyau.

Mode d'essai. — Le tuyau sera soumis, au moins pendant une minute, à une pression hydraulique intérieure P, en kilogrammes par centimètre carré, déterminée par la formule $P = 800 \frac{e}{d}$ (*e* épaisseur et *d* diamètre intérieur du tuyau, exprimés en millimètres), avec maximum de 25 kilogrammes.

Résultats. — Il ne devra se produire ni suintement, ni trace quelconque d'altération.

ESSAI D'ÉCLATEMENT

Prélèvements (qualité A seulement). — Un bout de tuyau d'au moins 1 mètre de longueur.

Mode d'essai. — Ce bout de tuyau, recuit au rouge très sombre (450 à 500°) puis refroidi lentement à l'air, sera soumis à une pression hydraulique intérieure jusqu'à éclatement.

Quelle que soit la dimension des tubes essayés, la pression ne devra pas être poussée au delà de 500 kilogrammes par centimètre carré.

Résultats. — La charge R par millimètre carré de section primitive du tuyau correspondant à la pression d'éclatement et calculée par la formule $R = \frac{Pd}{2e}$, sera d'au moins 15 kilogrammes (P, pression en kilogrammes par millimètre carré ; *d*, diamètre intérieur ; *e*, épaisseur du tuyau, exprimés en millimètres).

La déformation permanente du tuyau ne devra pas se manifester avant que la pression intérieure ait atteint le 1/5 de la pression d'éclatement.

La section de rupture ne devra révéler ni paille, ni gerçure et sera parfaitement saine.

ESSAI DE RABATTEMENT DE COLLERETTE

Prélèvements (qualités A et B). — Un bout de tuyau de longueur suffisante.

Mode d'essai. — Cet essai sera fait sur le métal non recuit.

Une collerette plane dont la largeur l sera égale à la moitié du diamètre intérieur d du tuyau — mais limitée à 25 millimètres pour tous les tuyaux dont le diamètre intérieur dépassera 50 millimètres — sera rabattue à froid à angle droit (*fig.* 1).

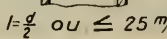


Fig. 1.

Le congé de raccordement aura un rayon r égal à l'epaisseur e du tuyau.

Résultats. — Le rabattement devra pouvoir être fait sans qu'il se manifeste aucune crique, gerçure ou déchirure.

ESSAI D'APLATISSEMENT A CHAUD ET A FROID

Fig. 2.

Prélèvements (qualité A seulement). — Deux bouts de tuyaux de longueur suffisante.

Mode d'essai. — Ces deux bouts de tuyaux seront soumis, l'un à froid, mais après recuit, et l'autre au rouge cerise naissant, à deux aplatissements successifs à bloc (*fig.* 2).

L'aplatissement à chaud, qui devra être fait en une seule chaude, permettra d'apprécier comment le métal supporte l'action du feu.

Résultats. — Il ne devra se manifester aucune crique, gerçure ou déchirure.

ESSAI DE CINTRAGE

Prélèvements. — Qualité A : sur les tuyaux de tous diamètres.

Qualité B : seulement sur les tuyaux de diamètre < 60 millimètres.

Un bout de tuyau de longueur suffisante.

Mode d'essai. — Ce bout de tuyau préalablement rempli de résine, sera cintré régulièrement à froid sur un quart de circonférence, jusqu'à ce que le rayon r de la courbure intérieure soit égal à une fois et demie le diamètre extérieur D du tuyau (*fig.* 3).

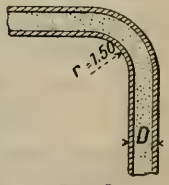


Fig. 3.

Résultats. — L'opération ne devra pas exiger plus de deux reprises et il ne devra se manifester aucune crique, ni fissure

Tubes à fumée de chaudières en acier doux.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — La présente spécification s'applique aux tubes lisses ou à ailettes en acier doux soudés par recouvrement ou étirés sans soudure, ayant un diamètre extérieur maximum de 100 millimètres et une épaisseur maxima de 4 millimètres.

Marques de fabrication. — Chaque tube livré aux dimensions de commande sera frappé d'une façon indélébile, à 0m20 environ de l'une des extrémités, sur une même génératrice, de la marque du fournisseur et de la date de la fabrication (mois et deux derniers chiffres du millésime).

Aspect extérieur. — Dressage. — Les surfaces des tubes doivent être très nettes, sans pailles, criques, gales, éraflures, dessoudures, fissures ou autres défauts.

Les tubes seront cylindriques et parfaitement dressés.

Les bouts seront coupés d'équerre et bien ébarbés.

Tolérances :

Sur le diamètre extérieur	jusqu'à 80mm inclus :	— 0mm,3 + 0mm,5. Ovale maximum 0mm,7.
	de 80mm exclu et au-dessus.....	— 0mm,5 + 1mm do 1mm.
Sur l'épaisseur	de 2mm exclus à 3mm inclus :	— 0mm,2 + 0mm,5
	au-dessus de 3mm.....	— 0mm,3 + 0mm,7

Sur la longueur : + 6mm — 2mm.

Sur les poids normaux des tubes aux dimensions de commande :

— 5 0/0 + 9 0/0.

Recuit. — Les tubes seront recuits à chaque extrémité.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Série des essais :

1° Epreuve à la pression hydraulique ;
2° — d'aplatissement ;
3° — de rabattement d'une collerette ;
4° — d'élargissement.

Tous ces essais seront faits à froid.

Proportion des essais :

Essai à la pression : tous les tubes.

Autres essais : un tube sur 100.

Chapitre III. — Prélèvements et Préparation des morceaux d'essais.

Prélèvements. — Les prélèvements pour essais seront effectués d'après les indications de l'agent réceptionnaire, sur un tube choisi par lui dans chaque lot.

Préparation des essais. — Pour les essais 2°, 3° et 4°, on coupera des bouts de tubes de 100 millimètres environ, qui seront recuits. Lorsqu'il s'agira de tubes à ailettes, celles-ci seront préalablement enlevées, si c'est nécessaire, pour les épreuves de rabattement et d'élargissement.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir indiqués ci-après dans chaque essai sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

ESSAI A LA PRESSION HYDRAULIQUE

Mode d'essai. — La pression d'eau intérieure à appliquer sera de 25 kilogrammes par centimètre carré. Cette pression sera maintenue pendant une minute.

Résultats. — Le tube ne devra présenter aucune trace de suintement ni d'altération.

ESSAIS D'APLATISSEMENT, DE RABATTEMENT ET D'ÉLARGISSEMENT

Modes d'essais :

Aplatissement. — Le morceau de tube posé sur une surface plane, la soudure, s'il en existe une, sur le plan diamétral parallèle à cette surface, sera aplati au pilon, jusqu'à ce que son diamètre intérieur soit réduit de 90 0/0.

Rabattement d'une collerette. — On rabattra, à angle droit avec la génératrice du tube, une collerette ayant pour largeur quatre fois l'épaisseur du métal.

Elle sera obtenue en deux opérations faites, la première avec un mandrin conique rabattant à 45°; la seconde avec un mandrin cylindrique à tête raccordée au corps par un congé d'un rayon égal à deux fois l'épaisseur du métal. La largeur de la collerette sera me-

surée entre son arête extérieure et le prolongement des génératrices intérieures de la partie du tube restée cylindrique.

Elargissement. — L'extrémité du bout de tube sera évasée sur une longueur égale au diamètre extérieur, au moyen d'un mandrin conique, de manière à obtenir à l'entrée de l'évasement une augmentation de diamètre de 6 0/0.

Résultats. — Au cours de ces trois épreuves, il ne devra se produire ni crique, ni gerçure, ni dessoudure, ni aucun autre défaut.

Tuyaux bruts pour freins à air, intercommunication pneumatique, chauffage par la vapeur, etc.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — La présente spécification s'applique aux tuyaux bruts pour freins à air, intercommunication pneumatique, chauffage par la vapeur, etc...

Les tuyaux sont en fer ou en acier doux. Ils sont, suivant les indications des commandes, soudés par rapprochement, soudés par recouvrement ou étirés sans soudure.

Marques de fabrication. — Les tuyaux doivent porter très visiblement à l'une des extrémités et à environ 20 centimètres du bout :

1° La marque de l'usine ;

2° Le mois et le millésime de fabrication.

Exemple : MR. 10.01.

Aspect extérieur. — Les surfaces des tuyaux doivent être parfaitement nettes, bien lisses, sans pailles, criques, gales, éraflures, dessoudures, fissures ou autres défauts.

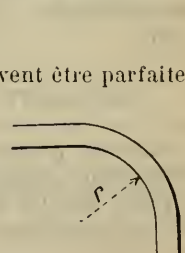


Fig. 1.

Les tuyaux de freins à air comprimé et d'intercommunication pneumatique, droits ou cintrés, devront avoir leur diamètre intérieur calibré de façon à permettre le libre passage d'une bille en métal dur, ayant un diamètre minimum égal à 75 0/0 du diamètre intérieur du tuyau commandé.

Cette condition n'est pas applicable aux tuyaux cintrés dont le rayon intérieur r de courbure sera inférieur à 30 millimètres (*fig.* 1).

Les tuyaux seront bien cylindriques, d'épaisseur et de diamètre constants, sans ovalisation, sauf les tolérances indiquées ci-après :

Tolérances :

sur les diamètres : + 2 p. 100 et — 1 p. 100 avec minimum de + $0^{mm},5$ et — $0^{mm},3$.
ovalisation maxima : 1,5 p. 100.
sur les épaisseurs : + 15 p. 100 et — 10 p. 100.
sur les longueurs : + 6 mm. — 2 mm.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Série des essais :

Essais à froid. { 1° Epreuve à la pression hydraulique ;
2° Epreuve d'aplatissement (sauf sur les tuyaux soudés par rapprochement) ;
Essai à chaud. 3° Epreuve de cintrage.

Proportion des essais :

Essai à la pression : un tuyau sur cinq.

Autres essais : un tuyau sur 50 ou fraction de 50 tuyaux.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des morceaux d'essais.

Prélèvements. — Les prélèvements pour essais seront effectués d'après les indications de l'agent réceptionnaire, sur un tuyau choisi par lui dans chaque lot.

Préparation des essais. — Pour les essais d'aplatissement et de cintrage, on coupera des bouts de tuyaux de 100 millimètres et de 400 millimètres environ. Le morceau pour essai d'aplatissement sera recuit.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

Épreuve a la pression hydraulique

Mode d'essai. — La pression d'eau intérieure à appliquer sera de 20 kilogrammes par centimètre carré pour les tuyaux de freins à air et intercommunication et de 15 kilogrammes pour les autres.

La pression sera maintenue pendant une minute.

Résultats. — Le tuyau ne devra présenter aucune trace d'altération ni de suintement.

Épreuve d'aplatissement a froid

Mode d'essai. — Le bout de tuyau de 100 millimètres posé sur une

surface plane (le milieu de la soudure, s'il en existe une, sur le plan diamétral, parallèle à cette surface) sera aplati au pilon ou à la presse jusqu'à ce que son diamètre intérieur soit réduit de 25 0/0 (*fig.* 2).

Résultats. — Il ne devra se produire ni crique ni gerçure, ni dessoudure, ni aucun autre défaut.

ÉPREUVE DE CINTRAGE A CHAUD

Mode d'essai. — Le bout de tuyau de 400 millimètres devra pouvoir être cintré à chaud dans deux plans perpendiculaires, comme l'indique le croquis ci-contre et suivant un arrondi ayant pour rayon intérieur **r** (*fig.* 3) :

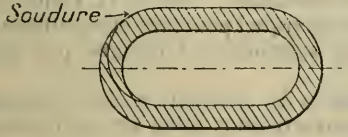


Fig. 2.

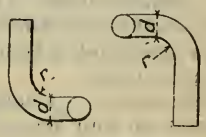


Fig. 3.

Le diamètre extérieur **d** du tuyau, pour les tuyaux soudés par recouvrement ou sans soudure :

Et 2 fois 1/2 le diamètre extérieur **d** du tuyau, pour les tuyaux soudés par rapprochement.

Résultats. — Il ne devra se produire aucune crique, ni dessoudure.

Pièces en acier moulé.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Les pièces en acier moulé sont, au point de vue de la qualité, classées en cinq catégories : **M 1, M 2, M 3, M 4** et **M 5.**

Marques de fabrication. — Chaque pièce portera : la marque du fournisseur, le numéro de type ou modèle et toutes autres marques demandées par la Compagnie.

Ces marques seront venues de fonte, en relief, sur une partie devant rester brute.

Toutefois, en cas de difficultés résultant, soit de la forme de la pièce, soit de ses dimensions, les marques pourront être poinçonnées, mais seulement à l'emplacement spécialement désigné par l'agent réceptionnaire.

Fabrication. — L'acier employé à la fabrication sera obtenu au creuset, au four Martin ou au convertisseur, selon les indications des commandes.

Les commandes indiqueront également les pièces pour lesquelles l'emploi de fontes phosphoreuses dans les charges est absolument interdit.

Aspect extérieur. — Les pièces devront être exemptes de dartres, gouttes froides, criques, tapures ou autres défauts pouvant nuire à leur solidité ou à leur emploi.

Recuit. — Les pièces seront recuites avec soin.

Tout autre traitement thermique devra être spécialement autorisé par la Compagnie.

Réparations. — Toute trace de réparation ayant pour but de masquer les défauts est une cause de rebut.

L'agent réceptionnaire pourra autoriser la réparation de petits défauts superficiels qu'il jugera sans importance pour le bon emploi des pièces. Le mode de réparation devra être approuvé par l'ingénieur en chef de la Compagnie.

Tolérances sur les dimensions. — Une tolérance de 8 0/0 en plus ou en moins sera accordée sur les dimensions limitées par des surfaces devant rester brutes, sans que cette tolérance dépasse 3 millimètres.

Il doit rester au moins 3 millimètres à enlever sur les parties qui sont destinées à être ajustées.

Tolérances sur les poids. — Il est accordé une tolérance de plus cinq pour cent et de moins dix pour cent sur les poids indiqués par les commandes ou sur les dessins.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

État des pièces à la présentation. — Les pièces seront présentées soigneusement nettoyées et ébarbées au burin et à la lime.

Elles devront être livrées sans aucune peinture, même à la plombagine ou à la poudre d'ardoise.

Nature des essais. — Les essais auxquels seront soumises les pièces en acier moulé sont les suivants :

		CATÉGORIES
I. — Sur éprouvettes.	Epreuve de traction....	**M1, M2, M3, M4, M5**
	— par choc.....	**M1, M3, M4**
II. — Sur pièces....	— de burinage...	**M1, M2, M3, M4, M5**
	— de choc.....	des boîtes à huile
	— d'étanchéité...	
	— à la pression de certaines pièces spéciales.	

Proportion des essais. — Le nombre de séries d'épreuves à effectuer sur chaque livraison et par chaque catégorie ou qualité, est proportionné aux tonnages de pièces présentées, l'unité de série d'épreuves étant appliquée à 1.000 kilogrammes.

Pour les boîtes à huile, la proportion des essais au choc est fixée à 1 sur 100 pièces : l'épreuve d'étanchéité est individuelle.

L'épreuve à la pression a lieu sur toutes les pièces pour lesquelles elle est demandée par les dessins ou par les commandes.

Toute fraction peut donner lieu à une série complète d'essais, au gré de la Compagnie.

Il doit être entendu que chaque coulée sera essayée, mais sans que le tonnage d'aucune d'elles puisse donner lieu à plus de deux séries d'épreuves.

La Compagnie se réserve en outre le droit d'augmenter la proportion des essais pour certaines pièces importantes. Dans ce cas, les dessins indiqueront la place et le nombre des appendices attenants que la pièce devra porter.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des éprouvettes.

Répartition des prélèvements. — Les épreuves seront faites, chaque

fois qu'il sera possible, sur des barreaux découpés dans des appendices attenant aux pièces.

Lorsque la forme ou l'exiguïté des pièces ne permettra pas de faire venir de fonte les appendices y attenants, des lingots d'essais seront coulés en châssis séparés, en même temps que les pièces, et repérés, en présence de l'agent de la Compagnie, du numéro de coulée correspondant.

Les lingots d'essais coulés en châssis séparés pourront être surmontés d'une masselotte ne dépassant pas 200 millimètres de hauteur. Ils seront traités dans les mêmes conditions que les pièces.

Les pièces à munir de prélèvements, ou les lingots d'essais à couler séparément sont désignés par la Compagnie.

Traçage des prélèvements. — Les prélèvements sont détachés, tracés, poinçonnés et repérés sur les indications et par les soins de l'agent réceptionnaire.

Préparation des éprouvettes. — Finissage. — Le travail de préparation des barreaux ajustés doit avoir lieu entièrement à froid, au moyen de machines-outils, sans aucune opération de martelage, trempe ni recuit.

Les arêtes des barreaux pour essais de choc seront légèrement adoucies à la lime, sans congé appréciable.

Poinçons de la Compagnie. — Les barreaux d'essais conserveront les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir indiqués ci-après dans chaque essai sont des minima absolus. Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.

1. — *Sur éprouvettes*

Épreuve de traction

Prélèvements. — Sur les cinq catégories d'aciers.

Forme des éprouvettes. — Les têtes d'attaches sont appropriées aux organes de fixation des machines d'essais; leurs formes et dimensions peuvent être considérées comme indifférentes sous la condition de ne pas créer de flexions dans le sens de l'axe de traction : têtes excentrées, non symétriques, etc...

Dans les éprouvettes cylindriques, les extrémités peuvent être prises entre coins striés.

Repères. — L'écartement entre repères, pour le relevé de l'allongement, est déterminé par la formule $L = \sqrt{66{,}67S}$ (S étant la section). Ces repères sont croisés à partir de la naissance des congés. La fraction entre ces repères qui servira à calculer l'allongement pour 100 sera celle comprenant la section de rupture.

Dimensions des éprouvettes.

Éprouvettes cylindriques. — Pas plus de 25 millimètres de diamètre. Les dimensions à adopter de préférence sont les suivantes :

Diamètre	$13^{mm},82$
Section	150^{mm2}
Écartement entre repères	100^{mm}
Longueur de la partie calibrée	130^{mm} environ
Rayon du raccordement de la partie calibrée aux têtes.	2^{mm} minimum

Durée de l'essai. — Température. — L'essai a lieu par traction progressive, à la température ambiante. Sa durée, selon le volume du barreau, sera compris entre une et six minutes.

Résultats. — Les résultats à obtenir sont indiqués au tableau ci-après :

CATÉGORIES	ESSAIS DE TRACTION A FROID		
	Limite minima des allongements proportionnels par mm² de section primitive S	Résistance maxima par mm² de section primitive S	Allongement minimum 0/0 mesuré sur une longueur entre repères $L = \sqrt{66{,}67S}$
M 1 ...	»	40 kilogrammes	20
M 2 ...	»	45 —	10
M 3 ...	»	45 —	15
M 4 ...	30 kilogrammes	45 —	15
M 5 ...	»	60 —	12

ÉPREUVE PAR CHOC

Prélèvements. — Sur les trois catégories M 1, M 3 et M 4.

Dimensions. — Les barreaux d'essais seront ramenés par finissage à une section carrée de 30 millimètres de côté et à une longueur d'environ 200 millimètres.

Mode d'essai. — Chaque barreau placé horizontalement sur deux couteaux espacés de 160 millimètres d'axe en axe et fixés sur une

enclume pesant au moins 500 kilogrammes devra supporter le choc d'un mouton du poids de 50 kilogrammes tombant librement d'une hauteur constante de 3 mètres au milieu de l'intervalle des points d'appui.

La panne du mouton sera terminée par une partie cylindrique à rayon de 15 millimètres environ sur un développement de 90°.

Après avoir supporté un premier choc, le barreau sera retourné sens dessus dessous et recevra deux chocs consécutifs, puis alternativement deux chocs dans chaque sens jusqu'à rupture.

Résultats. — Les barreaux doivent pouvoir supporter avant criqué ou rupture les nombres de chocs ci-après, en comptant les chocs de redressement :

Catégorie **M 1** : 3 chocs ;
— d° — **M 3** : 2 d°
— d° — **M 4** : 12 d°

Pour se renseigner, en outre, sur la qualité du métal, l'essai sera toujours poursuivi jusqu'à la rupture du barreau.

II. — *Sur pièces*

ÉPREUVE DE BURINAGE

Prélèvements. — Sur les cinq catégories d'aciers.

Mode d'essai. — Résultats. — Le métal doit être assez doux pour qu'on puisse enlever au burin, un copeau, dans les mêmes conditions que s'il s'agissait d'acier forgé ou laminé non trempé.

ÉPREUVE DE CHOC DES BOITES A HUILE

Prélèvements. — Mode d'essai. — La boite choisie pour essai, reposant par son plan de joint sur la chabotte, devra supporter le choc d'un mouton du poids de 12 kilogrammes tombant librement d'une hauteur constante de 2 mètres.

Résultats. — La pièce doit pouvoir supporter dix chocs successifs, sans se fissurer.

ÉPREUVE D'ÉTANCHÉITÉ DES BOITES A HUILE

Mode d'essai. — Chaque boite sera maintenue pleine d'huile de graissage pendant vingt-quatre heures.

Résultats. — Aucune trace de suintement ne devra se manifester.

ÉPREUVE A LA PRESSION DE CERTAINES PIÈCES SPÉCIALES

Modes d'essais. — Les pièces subissent deux essais à la pression.

Le premier est fait chez le fournisseur, par pression hydraulique, lorsque les pièces sont encore à l'état brut.

Le second est fait lorsque la pièce est complètement finie d'ajustage et sous la pression du fluide qu'elle doit contenir en service.

La nature du fluide et les pressions à employer dans les deux essais sont indiquées par les dessins ou les commandes.

Le deuxième essai est fait chez le fournisseur ou chez le constructeur, suivant que la pièce est commandée finie ou qu'elle est commandée brute ou ébauchée, et le fournisseur en est responsable dans les deux cas.

Résultats. — Aucune fuite ni suintement ne devra se manifester.

Viroles pour tubes à fumée.

Chapitre I. — Conditions générales.

Classification. — Les viroles pour tubes à fumée sont en fer ou en acier doux.

Conditions de fabrication. — Les viroles sont obtenues par emboutissage sans soudure ou découpées dans des tubes non soudés, l'emploi de tubes soudés par recouvrement étant rigoureusement interdit.

Selon les indications de la commande, les viroles sont livrées soit brutes, soit tournées extérieurement sur mandrin dans toute leur longueur, soit enfin, après ce tournage, polies extérieurement et cuivrées ou blenies.

Aspect extérieur. — Les surfaces doivent être parfaitement nettes, sans pailles, criques, fissures ou autres défauts.

Tolérances. — Sur les dimensions fixées par les plans ou les commandes, il ne sera admis d'autres tolérances que :

Hauteur : 1 millimètre en plus, rien en moins.

Diamètres extérieurs : $0^{mm},2$ en plus ou en moins.

Épaisseur. — Viroles d'une épaisseur < 4 mm. : $0^{mm},3$ en plus, rien en moins.
Viroles d'une épaisseur ≥ 4 mm. : $0^{mm}4$ en plus, rien en moins.
Sans écart, pour les unes et les autres, de plus de $0^{mm},2$ d'un mesurage à l'autre, sur la même virole.

Pour les viroles coniques, il ne sera accordé aucune tolérance sur la conicité.

Chapitre II. — Nature et proportion des essais.

Nature des essais. — Les essais auxquels sont soumises les viroles sont les suivants :

Essai d'aplatissement ;

Essai d'élargissement.

Proportion des essais. — L'agent réceptionnaire prélèvera au hasard 2 viroles par lot de 100.

Chapitre III. — Prélèvements et préparation des essais

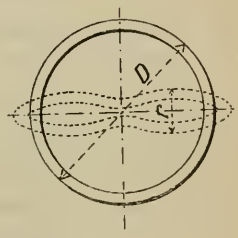
Les viroles sont essayées à l'état de livraison.

Poinçons de la Compagnie. — Elles conserveront les poinçons de la Compagnie.

Chapitre IV. — Modes d'essais. — Résultats à obtenir.

Condition générale. — Les résultats à obtenir, indiqués ci-après dans chaque essai, sont des minima absolus.

Toute épreuve qui ne remplira pas complètement les conditions fixées pourra donner lieu au rebut du lot correspondant.



Essai d'aplatissement. — Une virole saisie entre les mors d'un étau devra pouvoir être aplatie jusqu'à ce que la distance **r** soit au maximum égale à un tiers de **D**.

Résultats. — Cet essai doit être obtenu sans qu'il se manifeste aucune crique.

Essai d'élargissement. — Une virole sera évasée au moyen d'un mandrin conique, de manière à obtenir à l'entrée de l'évasement une augmentation de diamètre de 6 0/0.

Résultats. — Cet essai doit être obtenu sans qu'il se manifeste aucune crique.

PARTIE COMMERCIALE

Liste, par spécialités, des principaux fournisseurs des Chemins de fer.

(Voir les annonces aux pages indiquées.)

Pages.

Accessoires pour chaudières et machines à vapeur.

India (The) Rubber, Persan (Seine-et-Oise)..... 6
Purrey (Valentin), 1 à 31, boulevard J.-J. Bosc, Bordeaux (Gironde).. 20
Société anonyme des anciens Établissements J.-B. Torrilhon, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme)..... 3
Société anonyme des forges, usines et fonderies de et a Haine Saint-Pierre (Belgique)..... 14
Société anonyme Westinghouse, Le Havre (Seine-Inférieure) et Sevran (Seine-et-Oise)..... 22
Société française d'exploitation des appareils Koerting, 20, rue de la Chapelle, Paris..... 11

Accessoires pour chemins de fer.

Cauvin-Yvose (E.), bâches, 55, rue de Lyon, Paris..... 5
Compagnie du Frein a vide, 15, rue de Madrid, Paris..... 8
Cosset-Dubrulle Fils, 45, rue Turgot, Lille (Nord)..... 8
Forest et Cie, 32, boulevard Henri-IV, Paris..... 20
Société anonyme des Brevets Compin, 43, rue Godefroy-Cavaignac, Paris. 15
Société anonyme Westinghouse, Etablissements de Freinville, Sevran (Seine-et-Oise)..... 22
Société des Etablissements Henry-Lepaute, 11, rue Desnouettes, Paris.. 14
Société française d'exploitation des appareils Koerting, 20, rue de la Chapelle, Paris..... 11

Accumulateurs électriques.

Heinz (A.) et Cie, Levallois (Seine)..... 13
Société de l'Accumulateur Tudor, 81, rue Saint-Lazare, Paris..... 19

Aciers.

Clavel, 74, rue Amelot, Paris..... 14
Compagnie Métallurgique Lilloise, Lesquin-lez-Lille (Nord)..... 13
Etablissements Arbel, 28, rue du Rocher, Paris..... 21

Analyses chimiques.

Mois (Le) scientifique et industriel, 8, rue Nouvelle, Paris..... 18

Pages.

Anspects.

GAUTIER ET Cie, ETABLISSEMENTS SAVARY. Quimperlé (Finistère).... 12

Appareils du block system.

SOCIÉTÉ ANONYME DES FORGES, USINES ET FONDERIES DE ET A HAINE SAINT-PIERRE (Belgique)..... 14

SOCIÉTÉ ANONYME WESTINGHOUSE, ETABLISSEMENTS DE FREINVILLE, Sevran (Seine-et-Oise)..... 22

Appareils contrôleurs.

SOCIÉTÉ ANONYME WESTINGHOUSE, ETABLISSEMENTS DE FREINVILLE, Sevran (Seine-et-Oise)..... 22

SOCIÉTÉ DES ETABLISSEMENTS HENRY-LEPAUTE, 11, rue Desnouettes, Paris.. 14

Appareils d'enclenchements.

SOCIÉTÉ ANONYME DES FORGES, USINES ET FONDERIES DE ET A HAINE SAINT-PIERRE (Belgique)..... 14

SOCIÉTÉ ANONYME FRANCO-BELGE POUR LA CONSTRUCTION DE MACHINES ET DE MATÉRIELS DE CHEMINS DE FER, à Raismes (Nord)..... 4

SOCIÉTÉ ANONYME WESTINGHOUSE, ETABLISSEMENTS DE FREINVILLE, Sevran (Seine-et-Oise)..... 22

Appareils de levage.

CLAVEL. 74, rue Amelot, Paris..... 14

SOCIÉTÉ ANONYME DES FORGES, USINES ET FONDERIES DE ET A HAINE SAINT-PIERRE (Belgique)..... 14

SOCIÉTÉ ANONYME FRANCO-BELGE POUR LA CONSTRUCTION DE MACHINES ET DE MATÉRIELS DE CHEMINS DE FER, à Raismes (Nord)..... 4

Appareils de sécurité.

COSSET-DUBRULLE FILS. 45, rue Turgot, Lille (Nord)..... 8

SOCIÉTÉ ANONYME WESTINGHOUSE, ETABLISSEMENTS DE FREINVILLE, Sevran (Seine-et-Oise)..... 22

Ateliers de constructions mécaniques et de réparation (Fournitures et matériel pour).

COMPAGNIE LUNCRUSTA-WALTON FRANÇAISE, Pierrefitte (Seine)..... 12

INDIA (THE) RUBBER, Persan (Seine-et-Oise)..... 6

MARCEL, 161, avenue Malakoff, Paris..... 5

SOCIÉTÉ ANONYME FRANCO-BELGE POUR LA CONTRUCTION DE MACHINES ET DE MATÉRIELS DE CHEMINS DE FER, à Raismes (Nord)..... 4

WANNER ET Cie, 67, avenue de la République. Paris..... 1

WOLF (R.), Magdebourg-Buckau (Allemagne). 44, rue Lafayette, Paris et 230, rue Royale, Bruxelles..... 2

Automotrices.

SOCIÉTÉ DE CHAUDIÈRES ET VOITURES A VAPEUR, SYSTÈME SCOTTE, 56, rue de Provence. Paris..... 16

Pages.

Avertisseurs automatiques.

Société des Établissements Henry-Lepaute, 11, rue Desnouettes, Paris.. 14

Bâches.

Cauvin-Yvose (E.), 55, rue de Lyon, Paris 5

Banquettes.

Société anonyme des Brevets Compin, 43, rue Godefroy-Cavaignac, Paris. 15

Barrières roulantes.

Société anonyme franco-belge pour la construction de Machines et de Matériels de chemins de fer, à Raismes (Nord)..... 4

Billets de chemin de fer et de tramways.

Hamet (A.), 54, rue du Faubourg-du-Temple, Paris..... 6
Mommens (Vve H.), 200, boulevard Voltaire, Paris..... 16

Bois pour chemins de fer et tramways.

Marcel, 161, avenue Malakoff, Paris..... 5

Boisseaux de tampons.

Compagnie Métallurgique Lilloise, Lesquin-lez-Lille (Nord)..... 13

Boîtes à huile et à graisse.

Compagnie Métallurgique Lilloise, Lesquin-lez-Lille (Nord)..... 13

Bouillottes.

Cosset-Dubrulle Fils, 45, rue Turgot, Lille (Nord)..... 8
Forest et Cie, 32, boulevard Henri-IV, Paris..... 20

Boulons.

Clavel, 74, rue Amelot, Paris..... 14
Cosset-Dubrulle Fils, 45, rue Turgot, Lille (Nord)..... 8

Brevets d'invention.

Mestral (G. de) et F. Harlé, 21, rue de la Rochefoucauld, Paris... Carton de séparation
Mois (Le) scientifique et industriel, 8, rue Nouvelle, Paris..... 18
Monteilhet (A.), 90, boulevard Richard-Lenoir, Paris..... 13
Weismann et Marx, 90, rue d'Amsterdam, Paris..... 21

Brouettes.

Gautier et Cie, Établissements Savary, Quimperlé (Finistère)..... 12

Buttoirs.

Compagnie Métallurgique Lilloise, Lesquin-lez-Lille (Nord)..... 13

Cabrouets.

Clavel, 74, rue Amelot, Paris..... 14
Gautier et Cie, Établissements Savary, Quimperlé (Finistère)..... 12

Pages.

Caoutchouc manufacturé.

India (the) Rubber, Persan (Seine-et-Oise)..... 6
Société anonyme des anciens Établissements J.-B. Torrilhon, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme) 3

Carcasses de dynamos.

Compagnie Métallurgique Lilloise, Lesquin-lez-Lille (Nord)..... 13

Changements et croisements de voie.

Ateliers de Construction du Nord de la France, à Blanc-Misseron (Nord)..... 9
Société anonyme franco-belge pour la construction de Machines et de Matériels de Chemins de fer, à Raismes (Nord)..... 4

Chaudières.

Purrey (Valentin), 1 à 31, boulevard J.-J.-Bosc, Bordeaux (Gironde)... 20
Société anonyme franco-belge pour la construction de Machines et de Matériels de chemins de fer, à Raismes (Nord)..... 4
Wolf (R.), Magdebourg-Buckau (Allemagne). 44, rue Lafayette, Paris, et 230, rue Royale, Bruxelles..... 2

Chauffage des wagons.

Cosset-Dubrulle Fils, 45, rue Turgot, Lille (Nord)..... 8
Forest et Cie, 32, boulevard Henri-IV, Paris..... 20
Société française d'exploitation des appareils Koerting, 20, rue de la Chapelle, Paris..... 11
Wolf (R.), Magdebourg-Buckau (Allemagne). 44, rue Lafayette, Paris et 230, rue Royale, Bruxelles..... 2

Constructions métalliques.

Ateliers de Construction du Nord de la France, à Blanc-Misseron (Nord)..... 9
Société anonyme franco-belge pour la construction de Machines et de Matériels de chemins de fer, à Raismes (Nord)..... 4
Société des Etablissements Henry-Lepaute, 11, rue Desnouettes, Paris.. 14

Courroies.

Compagnie des Chaines simplex, 43, rue Lafayette, Paris..... 4
India (the) Rubber, Persan (Seine-et-Oise) 6
Société anonyme des anciens Établissements J.-B. Torrilhon, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme)..... 3
Wanner et Cie, 67, avenue de la République, Paris..... 1

Coussins.

Société anonyme des Brevets Compin, 43, rue Godefroy-Cavaignac, Paris. 15

Cuivrerie.

Forest et Cie, 32, boulevard Henri-IV, Paris 20

Pages.

Décolletage.

Cosset-Dubrulle Fils, 45, rue Turgot, Lille (Nord)..... 8

Disques.

Cosset-Dubrulle Fils, 45, rue Turgot, Lille (Nord)..... 8

Eclairage par l'acétylène.

Purrey (Valentin), 1 à 31, boulevard J.-J. Bosc, Bordeaux (Gironde)... 20

Eclairage électrique.

Société des Etablissements Henry-Lepaute, 11, rue Desnouettes, Paris... 14
Société de l'Accumulateur Tudor, 81, rue Saint-Lazare, Paris..... 19

Eclairage des gares.

Cosset-Dubrulle Fils, 45, rue Turgot, Lille (Nord)..... 8
Forest et Cie, 32, boulevard Henri-IV, Paris..... 20

Eclairage des wagons.

Cosset-Dubrulle Fils, 45, rue Turgot, Lille (Nord)..... 8
Forest et Cie, 32, boulevard Henri-IV, Paris..... 20
Société de l'Accumulateur Tudor, 81, rue Saint-Lazare, Paris..... 19
Société internationale d'éclairage par le gaz d'huile, 162, rue Ordener, Paris 12

Ecole spéciale.

Ecole Duvignau de Lanneau, 71-73, boulevard Péreire, Paris... Carton de séparation

Ecrous.

Clavel, 74, rue Amelot, Paris..... 14
Cosset-Dubrulle Fils, 45, rue Turgot, Lille (Nord)..... 8

Ejecteurs.

Société française d'exploitation des appareils Koerting, 20, rue de la Chapelle, Paris 11
Société des Etablissements Henry-Lepaute, 11, rue Desnouettes, Paris.. 14
Strapp (Walter), 15, rue de Madrid, Paris..... 8

Electricité.

Heinz (A.) et Cie, Levallois (Seine)..... 13
Société des Etablissements Henry-Lepaute, 11, rue Desnouettes, Paris... 14
Société de l'Accumulateur Tudor, 81, rue Saint-Lazare, Paris..... 19

Engrenages.

Compagnie Métallurgique Lilloise, Lesquin-lez-Lille (Nord)..... 13

Epuration des Eaux.

Buron (A.), 8, Rue de l'Hôpital-Saint-Louis, Paris..... 10
Société anonyme des anciens Établissements J.-B. Torrilhon, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme)..... 3

Pages.

Société française d'exploitation des appareils Koerting, 20, rue de la Chapelle, Paris.... 11

Essieux montés.

Ateliers de Construction du Nord de la France, à Blanc-Misseron (Nord).... 9
Compagnie Métallurgique Lilloise, Lesquin-lez-Lille (Nord).... 13
Société anonyme des forges de Douai, 52, boulevard Haussmann, Paris.. 21
Société anonyme franco-belge pour la construction de Machines et de Matériels de chemins de fer, à Raismes (Nord).... 4

Falots.

Cosset-Dubrulle Fils, 45, rue Turgot, Lille (Nord).... 8
Forest et Cie, 32, boulevard Henri-IV, Paris.... 20

Ferrures pour wagons et voitures.

Compagnie Métallurgique Lilloise, Lesquin-lez-Lille (Nord).... 13

Feutres.

Société anonyme des anciens Établissements J.-B. Torrilhon, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme).... 3

Foyers de locomotives.

Établissements Arbel, 28, rue du Rocher, Paris.... 21
Purrey (Valentin), 1 à 31, boulevard J.-J. Bosc, Bordeaux (Gironde)... 20
Société anonyme des forges, usines et fonderies de et a Haine Saint-Pierre (Belgique).... 14
Société anonyme franco-belge pour la construction de Machines et de Matériels de chemins de fer, à Raismes (Nord).... 4

Freins.

Société anonyme Westinghouse, Etablissements de Freinville, Sevran (Seine-et-Oise).... 22
Société des Etablissements Henry-Lepaute, 11, rue Desnouettes, Paris.. 14
Société française d'Exploitation des appareils Koerting, 20, rue de la Chapelle, Paris.... 11
Société générale des Freins Lipkowski, 37, rue Taitbout, Paris.... 8
Strapp (Walter), 15, rue de Madrid, Paris.... 8

Garnitures pour wagons.

Compagnie Lincrusta-Walton française, Pierrefitte (Seine).... 12

Graisseurs.

Wanner et Cie, 67, avenue de la République, Paris.... 1

Hangars.

Marcel, 161, avenue Malakoff, Paris.... 5

Pages.

Horloges.

Société des Etablissements Henry-Lepaute, 11, rue Desnouettes, Paris.. 14

Huiles et graisses.

Wanner et Cie, 67, avenue de la République, Paris. 1

Indicateurs de vitesse.

Société des Etablissements Henry-Lepaute, 11, rue Desnouettes, Paris.. 14

Ingénieurs-Conseils.

Mois (Le) scientifique et industriel, 8, rue Nouvelle, Paris..... 18

Injecteurs.

Société française d'exploitation des appareils Kœrting, 20, rue de la Chapelle, Paris..... 11
Strapp (Walter), 15, rue de Madrid, Paris..... 8

Journaux.

Mois (Le) scientifique et industriel, 8, rue Nouvelle, Paris..... 18

Lanternes.

Cosset-Dubrulle Fils, 45, rue Turgot, Lille (Nord)..... 8
Forest et Cie, 32, boulevard Henri-IV, Paris 20
Société des Etablissements Henry-Lepaute, 11, rue Desnouettes, Paris.. 14
Société internationale d'éclairage par le gaz d'huile, 162, rue Ordener, Paris..... 12

Locomobiles.

Wolf (R.), Magdebourg-Buckau (Allemagne). 44, rue Lafayette, Paris et 230, rue Royale, Bruxelles..... 2

Locomotives.

Purrey (Valentin), 1 à 31, boulevard J.-J.-Bosc, Bordeaux (Gironde)... 20
Société anonyme franco-belge pour la construction de Machines et de Matériels de chemins de fer, à Raismes (Nord)..... 4
Société anonyme des forges, usines et fonderies de et a Haine Saint-Pierre (Belgique)..... 14

Lorrys.

Gauthier et Cie, Quimperlé (Finistère)..... 12

Machines à billets.

Mommens (Vve H.), 200, boulevard Voltaire, Paris..... 16

Machines à plier les rails.

Clavel, 74, rue Amelot, Paris..... 14

Machines-outils pour la construction du matériel de chemins de fer.

Clavel, 74, rue Amelot, Paris..... 14

Pages.

Etablissements Arbel, 28, rue du Rocher, Paris..... 21

Machines à vapeur.

Société anonyme des forges, usines et fonderies de et a Haine Saint-Pierre (Belgique)..... 14

Société anonyme franco-belge pour la construction de Machines et de Matériels de chemins de fer, à Raismes (Nord)..... 4

Wolf (R.), Magdebourg-Buckau (Allemagne). 44, rue Lafayette, Paris et 230, rue Royale, Bruxelles..... 2

Matériaux de construction.

Compagnie Linerusta-Walton Française, Pierrefitte (Seine)..... 12

Matériel de gares.

Gautier et Cie, Etablissement Savary, Quimperlé (Finistère)..... 12

Matériel roulant.

Ateliers de Construction du Nord de la France, à Blanc-Misseron (Nord)..... 9

Etablissements Arbel, 28, rue du Rocher, Paris..... 21

Marcel, 161, avenue Malakoff, Paris..... 5

Société anonyme des Forges, usines et fonderies de et a Haine Saint-Pierre (Belgique)..... 14

Société anonyme franco-belge pour la construction de Machines et de Matériels de chemins de fer, à Raismes (Nord)..... 4

Société anonyme Westinghouse, Le Havre (Seine-Inférieure) et Sevran (Seine-et-Oise)..... 22

Société Lorraine des anciens Etablissements de Dietrich et Cie de Lunéville (Meurthe-et-Moselle)..... 7

Matériel de la voie.

Marcel, 161, avenue Malakoff, Paris..... 5

Société anonyme franco-belge pour la construction de Machines et de Matériels de chemins de fer, à Raismes (Nord)..... 4

Mobiliers des gares.

Société anonyme des Brevets Compin, 43, rue Godefroy-Cavaignac, Paris. 15

Moteurs.

Purrey (Valentin), 1 a 31, boulevard J.-J.-Bosc, Bordeaux (Gironde)... 20

Société française d'exploitation des appareils Koerting, 20, rue de la Chapelle, Paris..... 11

Outils pour chemins de fer.

Clavel (A.), 74, rue Amelot, Paris..... 14

Petit matériel.

Clavel, 74, rue Amelot, Paris..... 14

Gautier et Cie, Etablissements Savary, Quimperlé (Finistère)..... 12

Pages.
MARCEL, 161, avenue Malakoff, Paris 5
SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS HENRY-LEPAUTE, 11, rue Desnouettes, Paris. 14

Pièces diverses pour appareils de voie.

COMPAGNIE MÉTALLURGIQUE LILLOISE, Lesquin-lez-Lille (Nord) 13

Pneumatiques.

SOCIÉTÉ ANONYME DES ANCIENS ÉTABLISSEMENTS J.-B. TORRILHON, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme) 3

Pompes.

CLAVEL, 74, rue Amelot, Paris 14
SOCIÉTÉ ANONYME DES ANCIENS ÉTABLISSEMENTS J.-B. TORRILHON, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme) 3
SOCIÉTÉ ANONYME DES FORGES, USINES ET FONDERIES DE ET A HAINE SAINT-PIERRE (Belgique) 14
SOCIÉTÉ ANONYME WESTINGHOUSE, ÉTABLISSEMENTS DE FREINVILLE, Sevran (Seine-et-Oise) 22
SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'EXPLOITATION DES APPAREILS KOERTING, 20, rue de la Chapelle, Paris 11
WOLF (R.), Magdebourg-Buckau (Allemagne). 44, rue Lafayette, Paris et 230, rue Royale, Bruxelles 2

Ponts, passerelles et charpentes métalliques.

ATELIERS DE CONSTRUCTION DU NORD DE LA FRANCE, à Blanc-Misseron (Nord) 9
SOCIÉTÉ ANONYME FRANCO-BELGE POUR LA CONSTRUCTION DE MACHINES ET DE MATÉRIELS DE CHEMINS DE FER, à Raismes (Nord) 4

Ponts roulants.

SOCIÉTÉ ANONYME FRANCO-BELGE POUR LA CONSTRUCTION DE MACHINES ET DE MATÉRIELS DE CHEMINS DE FER, à Raismes (Nord) 4

Poteaux télégraphiques.

MARCEL, 161, avenue Malakoff, Paris 5

Poulains de chargement.

GAUTIER ET Cie, ÉTABLISSEMENTS SAVARY, Quimperlé (Finistère) 12

Projecteurs.

SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS HENRY-LEPAUTE, 11, rue Desnouettes, Paris.. 14

Réflecteurs.

FOREST ET Cie, 32, boulevard Henri-IV, Paris 20
SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS HENRY-LEPAUTE, 11, rue Desnouettes, Paris.. 14

Réservoirs.

ATELIERS DE CONSTRUCTION DU NORD DE LA FRANCE, à Blanc-Misseron Nord) 9

Pages.
FOREST ET Cie, 32, boulevard Henri-IV, Paris..... 20
SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS HENRY-LEPAUTE, 11, rue Desnouettes, Paris. 14

Rivets.

COSSET-DUBRULLE FILS, 45, rue Turgot, Lille (Nord)..... 8

Roues de wagons et de locomotives.

ATELIERS DE CONSTRUCTION DU NORD DE LA FRANCE, à Blanc-Misseron (Nord)..... 9
COMPAGNIE MÉTALLURGIQUE LILLOISE, Lesquin-lez-Lille (Nord)..... 13
ÉTABLISSEMENTS ARBEL, 28, rue du Rocher, Paris..... 21
PURREY (VALENTIN), 1 à 31, boulevard J.-J.-Bosc, Bordeaux (Gironde)... 20
SOCIÉTÉ ANONYME DES FORGES, USINES ET FONDERIES DE ET A HAINE-SAINT-PIERRE (Belgique)..... 14
SOCIÉTÉ ANONYME FRANCO-BELGE POUR LA CONSTRUCTION DE MACHINES ET DE MATÉRIELS DE CHEMINS DE FER, à Raismes (Nord)..... 4

Sablières.

STRAPP (WALTER), 15, rue de Madrid, Paris..... 8

Sacs.

CAUVIN-YVOSE (E.), 55, rue de Lyon, Paris..... 5

Sémaphores.

SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS HENRY-LEPAUTE, 11, rue Desnouettes, Paris.. 14

Sièges.

SOCIÉTÉ ANONYME DES BREVETS COMPIN, 43, rue Godefroy-Cavaignac, Paris. 15

Sifflets d'alarme.

SOCIÉTÉ ANONYME WESTINGHOUSE, Le Havre (Seine-Inférieure) et Sevran (Seine-et-Oise)..... 22

Signaux.

SOCIÉTÉ ANONYME WESTINGHOUSE, ÉTABLISSEMENTS DE FREINVILLE, Sevran Seine-et-Oise)..... 22
SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS HENRY-LEPAUTE, 11, rue Desnouettes, Paris.. 14

Stores et rideaux pour wagons.

CAUVIN-YVOSE, 55, rue de Lyon, Paris..... 5

Supports pour signaux.

SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS HENRY-LEPAUTE, 11, rue Desnouettes, Paris.. 14

Tampons.

FOREST ET Cie, 32, boulevard Henri-IV, Paris..... 20
SOCIÉTÉ ANONYME WESTINGHOUSE, ÉTABLISSEMENTS DE FREINVILLE, Sevran (Seine-et-Oise)..... 22

Terrassement (Outillage et matériel pour travaux de).

CLAVEL, 74, rue Amelot, Paris..... 14

Pages.

Société anonyme franco-belge pour la contruction de Machines et de Matériels de chemins de fer, à Raismes (Nord)..... 4

Thermo-siphons.

Forest et Cie, 32, boulevard Henri-IV, Paris 20

Tire-fond.

Cosset-Dubrulle Fils, 45, rue Turgot, Lille (Nord)..... 8

Tissus pour garnitures de wagons.

Compagnie Linerusta-Walton Française, Pierrefitte (Seine)..... 12

Toiles.

Cauvin-Yvose (E.), 55, rue de Lyon, Paris..... 5

Traction électrique.

Heinz (A.) et Cie, Levallois (Seine)..... 13
Marcel, 161, avenue Malakoff, Paris..... 5
Société de l'Accumulateur Tudor, 81, rue Saint-Lazare, Paris..... 19
Société Lorraine des anciens Etablissements de Diétrich et Cie de Lunéville (Meurthe-et-Moselle)..... 7

Traductions.

Mois (Le) scientifique et industriel, 8, rue Nouvelle, Paris..... 18

Transporteurs.

Compagnie des Chaines Simplex, 43, rue Lafayette, Paris..... 4
Purrey (Valentin), 1 à 31, boulevard J.-J. Bosc, Bordeaux (Gironde)... 20
Société anonyme des anciens Etablissements J.-B. Torrilhon, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme)..... 3

Traverses en bois.

Marcel, 161, avenue Malakoff, Paris..... 5

Tricycles.

Gautier et Cie, Etablissement Savary, Quimperlé (Finistère)..... 12
Société Lorraine des anciens Etablissements de Diétrich et Cie de Lunéville (Meurthe-et-Moselle)..... 7

Trucks.

Ateliers de Constructions du Nord de la France, à Blanc-Misseron (Nord)..... 9
Société anonyme franco-belge pour la construction de Machines et de Matériels de chemins de fer, à Raismes (Nord)..... 4
Société Lorraine des anciens Etablissements de Diétrich et Cie, de Lunéville (Meurthe-et-Moselle) 7

Tubes et tuyaux.

Société des Etablissements Henry-Lepaute, 11, rue Desnouettes, Paris... 14

Pages.

Ventilateurs pour tunnels.

CLAVEL, 74, rue Amelot, Paris..... 14

Vérins.

CLAVEL, 74, rue Amelot, Paris..... 14

Vêtements imperméables.

SOCIÉTÉ ANONYME DES ANCIENS ÉTABLISSEMENTS J.-B. TORRILHON, Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme)..... 3

Wagons.

ATELIERS DE CONSTRUCTION DU NORD DE LA FRANCE, à Blanc-Misseron (Nord). 9
ETABLISSEMENTS ARBEL, 28, rue du Rocher, Paris..... 21
MARCEL, 161, avenue Malakoff, Paris..... 5
PURREY (VALENTIN), 1 à 31, boulevard J.-J. Bosc, Bordeaux (Gironde)... 20
SOCIÉTÉ ANONYME DES FORGES, USINES ET FONDERIES DE ET A HAINE SAINT-PIERRE (Belgique)..... 14
SOCIÉTÉ ANONYME FRANCO-BELGE POUR LA CONSTRUCTION DE MACHINES ET DE MATÉRIELS DE CHEMINS DE FER, à Raismes (Nord)..... 4
SOCIÉTÉ LORRAINE DES ANCIENS ETABLISSEMENTS DE DIÉTRICH ET Cie DE LUNÉVILLE (Meurthe-et-Moselle)..... 7

Wagons-réservoirs.

ATELIERS DE CONSTRUCTIONS DU NORD DE LA FRANCE, à Blanc-Misseron (Nord)..... 9
MARCEL, 161, avenue Malakoff, Paris..... 5
SOCIÉTÉ ANONYME FRANCO-BELGE POUR LA CONSTRUCTION DE MACHINES ET DE MATÉRIELS DE CHEMINS DE FER, à Raismes (Nord)..... 4
SOCIÉTÉ LORRAINE DES ANCIENS ETABLISSEMENTS DE DIÉTRICH ET Cie DE LUNÉVILLE (Meurthe-et-Moselle)..... 7

Wagonnets.

GAUTIER ET Cie, ETABLISSEMENTS SAVARY, Quimperlé (Finistère)..... 12
MARCEL, 161, avenue Malakoff, Paris..... 5
SOCIÉTÉ ANONYME FRANCO-BELGE POUR LA CONSTRUCTION DE MACHINES ET DE MATÉRIELS DE CHEMINS DE FER, à Raismes (Nord)..... 4
SOCIÉTÉ LORRAINE DES ANCIENS ETABLISSEMENTS DE DIÉTRICH ET Cie DE LUNÉVILLE (Meurthe-et-Moselle)..... 7

ARITHMÉTIQUE.

Proportions.

$$a : b :: c : d,\ \frac{a}{b} = \frac{c}{d},\ a = \frac{b \times c}{d},\ ad = bc,\ \frac{a \pm b}{b} = \frac{c \pm d}{d},$$

$$\frac{a \pm c}{b \pm d} = \frac{a}{b} = \frac{c}{d},\ \frac{a^n}{b^n} = \frac{c^n}{d^n},\ \frac{\sqrt{a}}{\sqrt{b}} = \frac{\sqrt{c}}{\sqrt{d}}.$$

Progressions.

Progression arithmétique ou par différence. — La différence d'un terme quelconque avec le précédent est constante; cette différence prend le nom de *raison*. Soient a le premier terme; r, la raison; n, le nombre de termes.

On a : $a \,.\, a + r \,.\, a + 2r \,.\, a + 3r \ldots a + (n-1)r$

la valeur du dernier terme est : $t = a + (n-1)r$,

la somme des n premiers termes, $s = \frac{a+t}{2} n$

la raison de la progression formée en insérant m moyennes entre a et t :

$$r = \frac{t - a}{m + 1}.$$

Progression géométrique ou par quotient. — Le rapport d'un terme quelconque au précédent est constant; ce rapport prend le nom de *raison*. Soient a le premier terme; q, la raison; n, le nombre de termes.

On a :

$$a \,.\, aq \,.\, aq^2 \,.\, aq^3 \ldots aq^{n-1}$$

la valeur du dernier terme est $t = aq^{n-1}$

la somme des n premiers termes, $s = a\frac{q^n - 1}{q - 1}$

si la progression est croissant, et

$s = a\frac{1 - q^n}{1 - q}$ si la progression est décroissante ;

la raison de la progression formée en insérant m moyenne entre a et t,

$$q = \sqrt[m+1]{\frac{t}{a}}.$$

Sommes de quelques progressions. — La somme des n premiers nombres de 1 à n.

$$1 + 2 + 3 + 4 + \ldots + (n-1) + n = \frac{(1+n)\,n}{2}.$$

La somme des n premiers nombres impairs de 1 à $(2n-1)$,

$$1 + 3 + 5 + 7 + \ldots + (2n-3) + (2n-1) = n^2.$$

La somme des n premiers nombres pairs jusqu'à $2n$,

$$2 + 4 + 6 + 8 + \ldots (2n-2) + 2n = (1+n)\,n,$$

La somme des carrés des n premiers nombres,

$$1^2 + 2^2 + 3^2 + 4^2 + \ldots (n-1)^2 + n^2 = \frac{n\,(n+1)\,(2n+1)}{6}.$$

(C'est la formule qui permet de calculer les piles de boulets en forme de pyramide à base quadrangulaire.)

Trigonométrie

FORMULES GÉNÉRALES

$$\sin^2 a + \cos^2 a = 1.$$

$$\operatorname{tg} a = \frac{\sin a}{\cos a}$$

$$\operatorname{cotg} a = \frac{\cos a}{\sin a}$$

$$\sin(a+b) = \sin a \cos b + \sin b \cos a$$

$$\sin(a-b) = \sin a \cos b - \sin b \cos a$$

$$\cos(a+b) = \cos a \cos b - \sin a \sin b$$

$$\cos(a-b) = \cos a \cos b + \sin a \sin b$$

$$\operatorname{tg}(a+b) = \frac{\operatorname{tg} a + \operatorname{tg} b}{1 - \operatorname{tg} a \operatorname{tg} b}$$

$$\operatorname{tg}(a-b) = \frac{\operatorname{tg} a - \operatorname{tg} b}{1 + \operatorname{tg} a \operatorname{tg} b}$$

$$\sin 2a = 2 \sin a \cos a$$

$$\cos 2a = \cos^2 a - \sin^2 a$$

$$\operatorname{tg} 2a = \frac{2 \operatorname{tg} a}{1 - \operatorname{tg}^2 a}$$

$$\sin \frac{a}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos a}{2}}$$

$$\cos \frac{a}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos a}{2}}$$

$$\cos a + \cos b = 2 \cos \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2},$$

$$\cos a - \cos b = -2 \sin \frac{a+b}{2} \sin \frac{a-b}{2},$$

$$\sin a + \sin b = 2 \sin \frac{a+b}{2} \cos \frac{a-b}{2},$$

$$\sin a - \sin b = 2 \cos \frac{a+b}{2} \sin \frac{a-b}{2}.$$

RÉSOLUTION DES TRIANGLES

Triangles rectangles

Données :

$A = 90°$

$b = a \sin B$

$c = a \sin C$

$a = \sqrt{b^2 + c^2}.$

Premier cas. — On donne a et C.

$\log b = \log a + \log \sin B$

$\log c = \log a + \log \sin C$

$B = 90° - C.$

Deuxième cas. — On donne a et c

Troisième cas. — On donne b et C.

Quatrième cas. — On donne b et c

Triangles obliquangles

$$a = \frac{b \sin A}{\sin B} = \frac{c \sin A}{\sin C}, \quad b = \frac{a \sin B}{\sin A} = \frac{c \sin B}{\sin C}, \quad c = \frac{a \sin C}{\sin A} = \frac{b \sin C}{\sin B}.$$

Premier cas. — On donne a, B et A.

$C = 180 - (A + B)$

$\log c = \log a + \log \sin C - \log \sin A.$

$\log b = \log a + \log \sin B - \log \sin A.$

Deuxième cas. — On donne a, b et C

$$\frac{A+B}{2} = 90^\circ - \frac{C}{2}$$

$$\log \operatorname{tg} \frac{(A-B)}{2} = \log (a-b) + \log \cot \frac{C}{2} - \log (a+b)$$

$$\log c = \log a + \log \sin C - \log \sin A.$$

Troisième cas. — On donne a, b et c $\quad [a+b+c=2p]$

$$\log \operatorname{tg} \frac{A}{2} = \frac{1}{2} [\log (p-b) + \log (p-c) - \log p - \log (p-a)]$$

$$\log \operatorname{tg} \frac{B}{2} = \frac{1}{2} [\log (p-a) + \log (p-c) - \log p - \log (p-b)]$$

$$\log \operatorname{tg} \frac{C}{2} = \frac{1}{2} [\log (p-a) + \log (p-b) - \log p - \log (p-c)]$$

Facteurs usuels

π, rapport de la circonférence au diamètre.

$\pi = 3{,}141592$	$\log \pi = 0{,}49715$	$\frac{1}{\pi} = 0{,}318310$	$\log \frac{1}{\pi} = \bar{1}{,}50285$
$\pi^2 = 9{,}869604$	$\log \pi^2 = 0.99430$	$\frac{1}{\pi^2} = 0{,}101321$	$\log \frac{1}{\pi^2} = \bar{1}{,}00570$
$\pi^3 = 31{,}006276$	$\log \pi^3 = 1{,}49145$	$\frac{1}{\pi^3} = 0{,}032252$	$\log \frac{1}{\pi^3} = \bar{2}{,}50855$
$\sqrt[2]{\pi} = 1{,}772454$	$\log \sqrt{\pi} = 0{,}24857$	$\sqrt[3]{\pi} = 1{,}464592$	$\log \sqrt[3]{\pi} = 0{,}16572$
$\frac{2}{\pi} = 0{,}636620$	$\frac{\pi}{2} = 1{,}570796$	$\frac{3}{\pi} = 0{,}954929$	$\frac{\pi}{3} = 1{,}047197$

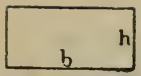
g, accélération d'un corps qui tombe dans le vide.

Valeur de g à Paris 9,80896 ou plus simplement 9,809 ; au pôle, 9,831 ; à l'équateur, 9,781 ; à Rome, 9,803.

$g = 9{,}80896$	$\log g = 0{,}99162$	$g^2 = 96{,}21250$	$\log g^2 = 1{,}98323$
$\frac{1}{g} = 0{,}10194$	$\log \frac{1}{g} = 1{,}00838$	$\frac{1}{g^2} = 0{,}01039$	$\log \frac{1}{g^2} = \bar{2}{,}01677$
$2g = 19{,}61792$	$\log 2g = 1{,}29265$	$\sqrt{g} = 313209$	$\log \sqrt{g} = 0{,}49583$
$\frac{1}{2g} = 0{,}05097$	$\log \frac{1}{2g} = 2{,}70735$	$\frac{1}{\sqrt{g}} = 0{,}31928$	$\log \frac{1}{\sqrt{g}} = \bar{1}{,}50419$
$2\sqrt{g} = 6{,}26418$	$\log 2\sqrt{g} = 0{,}79686$	$\sqrt{2g} = 4{,}429447$	$\log \sqrt{2g} = 0{,}64635$

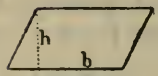
GEOMETRIE

SURFACES



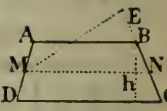
Rectangle

bh



Parallélogramme

bh

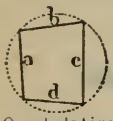


Trapèze

$$\frac{AB+CD}{2} \times h = MN \times h$$

ou bien

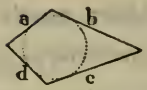
$$BC \times ME$$



Quadrilatère inscriptible

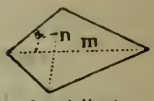
$$\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)(p-d)}$$

$$p = \frac{a+b+c+d}{2}$$



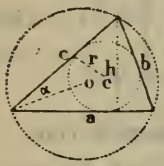
Quadrilatère circonscriptible

pr



Quadrilatère quelconque

$$\frac{1}{2} mn \sin \alpha$$



Triangle

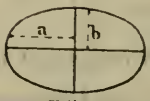
$$p = \left(\frac{a+b+c}{2}\right)$$

1° $\frac{ah}{2}$

2° $\sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$

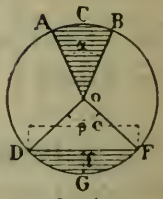
3° $\frac{abc}{4r}$

4° pr



Ellipse

πab



Cercle

$$\pi R^2 = \frac{\pi d^2}{4} = 0{,}785 d^2$$

Secteur circulaire

$$\frac{\text{arc ACB} \times r}{2} \text{ ou } \frac{\pi r^2 \alpha}{360}$$

α = *nombre de degrés de l'arc* ABC

Segment circulaire

$$\frac{\pi r^2 \beta}{360} = \frac{c}{2}(r - f)$$

SURFACES (*suite*)

Polygones réguliers.

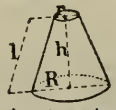
c, côté ; R, *rayon du cercle circonscrit ; n, nombre de côtés ; r, rayon du cercle inscrit ;* S, *surface du polygone.*
Somme des angles d'un polygone : 2 (*n* — 2) droits.

POLYGONES	R	*r*	*c*	S
Triangle.....	0.577 *c*	0.289 *c*	1.732 R ou 3.463 *r*	0.433 c^2 ou 1.299 R^2
Carré.....	0.707 *c*	0.500 *c*	1.414 R » 2.000 *r*	1.000 c^2 » 2.000 R^2
Pentagone....	0.851 *c*	0.695 *c*	1.176 R » 1.453 *r*	1.721 c^2 » 2.378 R^2
Hexagone	1.000 *c*	0.866 *c*	1.000 R » 1.155 *r*	2.598 c^2 » 2.598 R^2
Heptagone....	1.152 *c*	1.038 *c*	0.868 R » 0.963 *r*	3.634 c^2 » 2.736 R^2
Octogone.....	1.307 *c*	1.208 *c*	0.765 R » 0.828 *r*	4.828 c^2 » 2.828 R^2
Ennéagone....	1.462 *c*	1.374 *c*	0.684 R » 0.728 *r*	6.182 c^2 » 2.892 R^2
Décagone.....	1.618 *c*	1.540 *c*	0.618 R » 0.649 *r*	7.694 c^2 » 2.939 R^2
Endécagone...	1.776 *c*	1.710 *c*	0.563 R » 0.587 *r*	9.366 c^2 » 2.973 R^2
Dodécagone...	1.930 *c*	1.866 *c*	0.518 R » 0.536 *r*	11.19 c^2 » 3.000 R^2

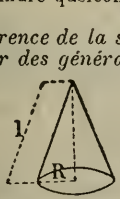
Cylindre droit à base circulaire
aire latérale = $2\pi Rh$
aire totale = $2\pi R(R + h)$

Cylindre droit à section oblique
$S = \pi R(h_1 + h_2)$

Cylindre quelconque
$S = Ch$
C = *circonférence de la section droite*
h = *longueur des génératrices*



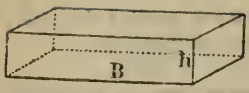
Tronc de cône circulaire
droit à bases parallèles
Aire latérale = $\pi(R + r)$



Cône droit à base circulaire
Aire latérale = πRI
Aire totale = $\pi R(R + I)$

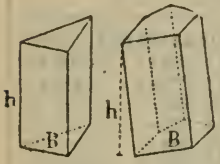
Sphère $4\pi R^2 = \pi D^2$
Zone sphérique = $2\pi Rh$

VOLUMES



Parallélépipède rectangle

$V = \times Bh$



Prisme droit ou oblique

$V = B \times h$

Pyramide

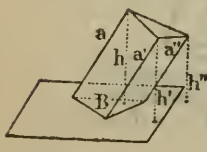
$V = \frac{1}{3} Bh$

Tronc de pyramide à bases parallèles

$1^o\ V = \frac{1}{3} H(B + b + \sqrt{Bb})$

$2^o\ V = \frac{BH}{3}(1 + k + k^2)$

(*k, rapport d'un côté de la petite base au côté homologue de la grande*)



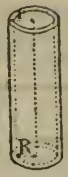
Tronc de prisme triangulaire

$1^o\ V = \frac{B}{3}(h + h' + h'')$

$2^o\ V = S\left(\frac{a + a' + a''}{3}\right) = Sz$

S, *section droite*

z, droite joignant les centres de gravité des deux bases



Cylindre droit à base circulaire

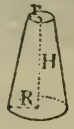
$V = \pi R^2 H = BH$

Cylindre creux

$V = \pi H(R^2 - r^2)$

Onglet cylindrique

$V = \frac{2}{3} R^2 h$



Cône

$V = \frac{\pi R^2 H}{3}$

Tronc de cône

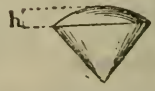
$V = \frac{\pi H}{3}(R^2 + r^2 + Rr)$

Tronc de cône de seconde espèce

$V = \frac{\pi H}{3}(R^2 + r^2 - Rr)$

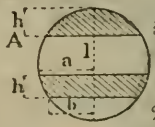
Sphère $= \frac{4}{3}\pi R^3 = 4{,}189R^3$

Sphère creuse $V = \frac{4}{3}\pi(R^3 - r^3)$



Secteur sphérique

$V = \frac{2}{3}\pi R^2 h$



Segment sphérique à une base de rayon A'l

$1^o V = \frac{1}{6}\pi h(h^2 + 3\overline{A'l}^2)$

$2^o V = \frac{1}{3}\pi h^2(3R - h)$

Segment sphérique à deux bases de rayons a et b

$V = \frac{1}{6}\pi h(3a^2 + 3b^2 + h^2)$

Carrés, Cubes, Racines carrées, Racines cubiques Circonférences, Surfaces et Logarithmes des nombres ou diamètres de 1 à 105.

Nombres d	Carrés d^2	Cubes d^3	Racine carrée $\sqrt{d}$	Racine cubique $\sqrt[3]{d}$	Circonférence πd	Surface $\frac{1}{4}\pi d^2$	Logarith Log d
1	1	1	1.	1.	3,142	0,7854	0.0000
2	4	8	1.4142	1.2599	6,283	3,1416	0.3010
3	9	27	1.7321	1.4422	9,426	7,0686	0.4771
4	16	64	2.0000	1.5874	12,566	12,5664	0.6021
5	25	125	2.2361	1.7100	15,708	19,6350	0.6990
6	36	216	2.4495	1.8171	18,850	28,2743	0.7781
7	49	343	2.6458	1.9129	21,991	38,4845	0.8451
8	64	512	2.8284	2.0000	25.133	50,2655	0.9031
9	81	729	3.0000	2.0801	28,274	63,6173	0.9542
10	100	1000	3.1623	2.1544	31,416	78,5398	1.0000
11	121	1331	3.3166	2.2240	34,558	95,0332	1.0414
12	144	1728	3.4641	2.2894	37,699	113,097	1.0792
13	169	2197	3.6056	2.3513	40,841	132,732	1.1139
14	196	2744	3.7417	2.4101	43,982	153,938	1.1461
15	225	3375	3.8730	2.4662	47,124	176,715	1.1761
16	256	4096	4.0000	2.5198	50,265	201,062	1.2041
17	289	4913	4.1231	2.5713	53,407	226,980	1.2304
18	324	5832	4.2426	2.6207	56,549	254,469	1.2553
19	361	6859	4.3589	2.6684	59,690	283,529	1.2788
20	400	8000	4.4721	2.7144	62,832	314,159	1.3010
21	441	9261	4.5826	2.7589	65,973	346,361	1.3222
22	484	10648	4.6904	2.8020	69,115	380,133	1.3424
23	529	12167	4.7958	2.8439	72,257	415,476	1.3617
24	576	13824	4.8990	2.8845	75,398	452,389	1.3802
25	625	15625	5.0000	2.9240	78,540	490,874	1.3979
26	676	17576	5.0990	2.9625	81,681	530,929	1.4150
27	729	19683	5.1962	3.0000	84,823	572,555	1.4314
28	784	21952	5.2915	3.0366	87,965	615,752	1.4472
29	841	24389	5.3852	3.0723	91,106	660,520	1.4624
30	900	27000	5.4772	3.1072	94,248	706,858	1.4771
31	961	29791	5.5678	3.1414	97,389	754,768	1.4914
32	1024	32768	5.6569	3.1748	100,531	804,248	1.5051
33	1089	35937	5.7446	3.2075	103,673	855,299	1.5185
34	1156	39304	5.8310	3.2396	106,814	907,920	1.5315
35	1225	42875	5.9161	3.2711	109,956	962,113	1.5441

Nombres d	Carrés d^2	Cubes d^3	Racine carrée $\sqrt{d}$	Racine cubique $\sqrt[3]{d}$	Circonférence πd	Surface $\frac{1}{4}\pi d^2$	Logarithmes $\log d$
36	1296	46656	6.0000	3.3019	113,097	1017,88	1.5563
37	1369	50653	6.0828	3.3322	116,239	1075,21	1.5682
38	1444	54872	6.1644	3.3620	119,381	1134,11	1.5798
39	1521	59319	6.2450	3.3912	122,522	1194,59	1.5911
40	1600	64000	6.3246	3.4200	125,66	1256,64	1.6021
41	1681	68921	6.4031	3.4482	128,81	1320,25	1.6128
42	1764	74088	6.4807	3.4760	131,95	1385,44	1.6232
43	1849	79507	6.5574	3.5034	135,09	1452,20	1.6335
44	1936	85184	6.6332	3.5303	138,23	1520,53	1.6434
45	2025	91125	6.7082	3.5569	141,37	1590,43	1.6532
46	2116	97336	6.7823	3.5830	144,51	1661,90	1.6628
47	2209	103823	6.8557	3.6088	147,65	1734,94	1.6721
48	2304	110592	6.9282	3.6342	150,80	1809,56	1.6812
49	2401	117649	7.0000	3.6593	153,94	1885,74	1.6902
50	2500	125000	7.0711	3.6840	157,08	1963,50	1.6990
51	2601	132651	7.1414	3.7084	160,22	2042,82	1.7076
52	2704	140608	7.2111	3.7325	163,36	2123,72	1.7160
53	2809	148877	7.2801	3 7563	166,50	2206,18	1.7243
54	2916	157464	7.3485	3.7798	169,65	2290,22	1.7324
55	3025	166375	7.4162	3.8030	172,79	2375,83	1.7404
56	3136	175616	7.4833	3.8259	175,93	2463,01	1.7482
57	3249	185193	7.5498	3.8485	179,07	2551,76	1.7559
58	3364	195112	7.6158	3.8709	182,21	2642,08	1.7634
59	3481	205379	7.6811	3.8930	185,35	2733,97	1.7708
60	3600	216000	7.7460	3.9149	188,50	2827,43	1.7781
61	3721	226981	7.8102	3.9365	191,64	2922,47	1.7853
62	3844	238328	7.8740	3.9579	194,78	3019,07	1.7924
63	3969	250047	7.9373	3.9791	197,92	3117,25	1.7993
64	4096	262144	8.0000	4.0000	201,06	3216,99	1.8062
65	4225	274625	8.0623	4.0207	204,20	3318,31	1.8129
66	4356	287496	8.1240	4.0412	207,35	3421,19	1.8195
67	4489	300763	8.1854	4.0615	210,49	3525,65	1.8261
68	4624	314432	8.2462	4.0817	213,63	3631,68	1.8325
69	4761	328509	8.3066	4.1016	216,77	3739,28	1.8388
70	4900	343000	8.3666	4.1213	219,91	3848,45	1.8451

Nombres d	Carrés d^2	Cubes d^3	Racine carrée $\sqrt{d}$	Racine cubique $\sqrt[3]{d}$	Circonférence πd	Surface $\frac{1}{4}\pi d^2$	Logarith Log d
71	5041	357911	8.4261	4.1408	223,05	3959,19	1.8513
72	5184	373248	8.4853	4.1602	226,19	4071,50	1.8573
73	5329	389017	8.5440	4.1793	229,34	4185,39	1.8633
74	5476	405224	8.6023	4.1983	232,48	4300,84	1.8692
75	5625	421875	8.6603	4.2172	235,62	4417,86	1.8751
76	5776	438976	8.7178	4.2358	238,76	4536,46	1.8808
77	5929	456533	8.7750	4.2543	241,90	4656,63	1.8865
78	6084	474552	8.8318	4.2727	245,04	4778,36	1.8921
79	6241	493039	8.8882	4.2908	248,19	4901,67	1.8976
80	6400	512000	8.9443	4.3089	251,33	5026,55	1.9031
81	6561	531441	9.0000	4.3267	254,47	5153,00	1.9085
82	6724	551368	9.0554	4.3445	257.61	5281,02	1.9138
83	6889	571787	9.1104	4.3621	260,75	5410,61	1.9191
84	7056	592704	9.1652	4.3795	263,89	5541,77	1.9243
85	7225	614125	9.2195	4.3968	267,04	5674,50	1.9294
86	7396	636056	9.2736	4.4140	270,18	5808,80	1.9345
87	7569	658503	9.3274	4.4310	273,32	5944,68	1.9395
88	7744	681472	9.3808	4 4480	276,46	6082,12	1.9445
89	7921	704969	9.4340	4.4647	279,60	6221,14	1.9494
90	8100	729000	9.4868	4.4814	282,74	6361,73	1.9542
91	8281	753571	9.5394	4.4979	285,88	6503,88	1.9590
92	8464	778688	9.5917	4.5144	289,03	6647,61	1.9638
93	8649	804357	9.6437	4.5307	292,17	6792,91	1.9685
94	8836	830584	9.6954	4.5468	295,31	6939,78	1.9731
95	9025	857375	7.7468	4.5629	298,45	7088,22	1.9777
96	9216	884736	9.7980	4.5789	301,59	7238,23	1.9823
97	9409	912673	9.8489	4.5947	304,73	7389,81	1.9868
98	9604	941192	9.8995	4.6104	307,88	7542,96	1.9912
99	9801	970299	9.9499	4.6261	311.02	7697,69	1.9956
100	10000	1000000	10.0000	4.6416	314,16	7853,98	2.0000
101	10201	1030301	10.0498	4.6570	317,30	8011,85	2.0043
102	10404	1061208	10.0995	4.6723	320,44	8171,28	2.0086
103	10609	1092727	10.1488	4.6875	323,58	8332,29	2.0128
104	10816	1124864	10.1980	4.7026	326,73	8494,87	2.0170
105	11025	1157625	10.2469	4.7176	329,87	8659,01	2.0212

Arcs, Cordes, Flèches et Surfaces des segments pour R = 1.

Degrés	Arcs	Cordes	Flèches	Surfaces des segments	Degrés	Arcs	Cordes	Flèches	Surfaces des segments
1	0.0175	0.0175	0.00004	0.00000	46	0.8029	0.7815	0.0795	0.04176
2	0.0349	0.0349	0.00015	0.00000	47	0.8203	0.7975	0.0829	0.04448
3	0.0524	0.0524	0.00034	0.00001	48	0.8378	0.8135	0.0865	0.04731
4	0.0698	0.0698	0.00061	0.00003	49	0.8552	0.8294	0.0900	0.05025
5	0.0873	0.0872	0.00095	0.00006	50	0.8727	0.8452	0.0937	0.05331
6	0.1047	0.1047	0.00137	0.00010	51	0.8901	0.8610	0.0974	0.05649
7	0.1222	0.1221	0.00187	0.00015	52	0.9076	0.8767	0.1012	0.05978
8	0.1396	0.1395	0.00244	0.00023	53	0.9250	0.8924	0.1051	0.06319
9	0.1571	0.1569	0.00308	0.00032	54	0.9425	0.9080	0.1090	0.06673
10	0.1745	0.1743	0.00381	0.00044	55	0.9599	0.9235	0.1130	0.07039
11	0.1920	0.1917	0.00460	0.00059	56	0.9774	0.9389	0.1171	0.07417
12	0.2094	0.2091	0.00548	0.00076	57	0.9948	0.9543	0.1212	0.07808
13	0.2269	0.2264	0.00643	0.00097	58	1.0123	0.9696	0.1254	0.08212
14	0.2443	0.2437	0.00745	0.00121	59	1.0297	0.9848	0.1296	0.08629
15	0.2618	0.2611	0.00856	0.00149	60	1.0472	1.0000	0.1340	0.09059
16	0.2793	0.2783	0.00973	0.00181	61	1.0647	1.0151	0.1384	0.09502
17	0.2967	0.2956	0.01098	0.00217	62	1.0821	1.0301	0.1428	0.09958
18	0.3142	0.3129	0.01231	0.00257	63	1.0996	1.0450	0.1474	0.10428
19	0.3316	0.3301	0.01371	0.00302	64	1.1170	1.0598	0.1520	0.10911
20	0.3491	0.3473	0.01519	0.00352	65	1.1345	1.0746	0.1566	0.11408
21	0.3665	0.3645	0.01675	0.00408	66	1.1519	1.0893	0.1613	0.11919
22	0.3840	0.3816	0.01837	0.00468	67	1.1694	1.1039	0.1661	0.12443
23	0.4014	0.3987	0.02008	0.00535	68	1.1868	1.1184	0.1710	0.12982
24	0.4189	0.4158	0.02185	0.00607	69	1.2043	1.1328	0.1759	0.13535
25	0.4363	0.4329	0.02370	0.00686	70	1.2217	1.1472	0.1808	0.14102
26	0.4538	0.4499	0.02563	0.00771	71	1.2392	1.1614	0.1859	0.14683
27	0.4712	0.4669	0.02763	0.00862	72	1.2566	1.1756	0.1910	0.15279
28	0.4887	0.4838	0.02969	0.00961	73	1.2741	1.1896	0.1961	0.15889
29	0.5061	0.5008	0.03185	0.01067	74	1.2915	1.2036	0.2014	0.16514
30	0.5236	0.5176	0.03407	0.01180	75	1.3090	1.2175	0.2066	0.17154
31	0.5411	0.5345	0.03637	0.01301	76	1.3265	1.2313	0.2120	0.17808
32	0.5585	0.5512	0.03874	0.01429	77	1.3439	1.2450	0.2174	0.18477
33	0.5760	0.5680	0.04118	0.01566	78	1.3614	1.2586	0.2229	0.19160
34	0.5934	0.5847	0.04370	0.01711	79	1.3788	1.2722	0.2284	0.19859
35	0.6109	0.6014	0.04628	0.01864	80	1.3963	1.2856	0.2340	0.20573
36	0.6283	0.6180	0.04894	0.02027	81	1.4137	1.2989	0.2396	0.21301
37	0.6458	0.6346	0.05168	0.02198	82	1.4312	1.3121	0.2453	0.22045
38	0.6632	0.6511	0.05448	0.02378	83	1.4486	1.3252	0.2510	0.22804
39	0.6807	0.6676	0.05736	0.02568	84	1.4661	1.3383	0.2569	0.23578
40	0.6981	0.6840	0.06031	0.02767	85	1.4835	1.3512	0.2627	0.24367
41	0.7156	0.7004	0.06333	0.02976	86	1.5010	1.3640	0.2686	0.25171
42	0.7330	0.7167	0.06642	0.03195	87	1.5184	1.3767	0.2746	0.25990
43	0.7505	0.7330	0.06958	0.03425	88	1.5359	1.3893	0.2807	0.26825
44	0.7679	0.7492	0.07281	0.03664	89	1.5533	1.4018	0.2867	0.27675
45	0.7854	0.7654	0.07612	0.03915	90	1.5708	1.4142	0.2929	0.28540

Degrés	Arcs	Cordes	Flèches	Surfaces des segments	Degrés	Arcs	Cordes	Flèches	Surfaces des segments
91	1.5882	1.4235	0.2991	0.29420	136	2.3736	1.8544	0.6254	0.83949
92	1.6057	1.4387	0.3053	0.30316	137	2.3911	1.8608	0.6335	0.85405
93	1.6232	1.4507	0.3116	0.31226	138	2.4086	1.8672	0.6416	0.86971
94	1.6406	1.4627	0.3180	0.32152	139	2.4260	1.8733	0.6498	0.88497
95	1.6580	1.4746	0.3244	0.33093	**140**	2.4435	1.8794	0.6580	0.90034
96	1.6755	1.4863	0.3309	0.34050	141	2.4609	1.8853	0.6662	0.91580
97	1.6930	1.4979	0.3374	0.35021	142	2.4784	1.8910	0.6744	0.93135
98	1.7104	1.5094	0.3439	0.36008	143	2.4958	1.8966	0.6827	0.94700
99	1.7279	1.5208	0.3506	0.37009	144	2.5133	1.9021	0.6910	0.96274
100	1.7453	1.5321	0.3572	0.38026	**145**	2.5307	1.9074	0.6993	0.97858
101	1.7628	1.5432	0.3639	0.39058	146	2.5482	1.9126	0.7076	0.99449
102	1.7802	1.5543	0.3707	0.40104	147	2.5656	1.9176	0.7160	1.01050
103	1.7977	1.5652	0.3775	0.41166	148	2.5831	1.9225	0.7244	1.02658
104	1.8151	1.5760	0.3843	0.42242	149	2.6005	1.9273	0.7328	1.04275
105	1.8326	1.5867	0.3912	0.43334	**150**	2.6180	1.9319	0.7412	1.05900
106	1.8500	1.5973	0.3982	0.44439	151	2.6354	1.9364	0.7496	1.07532
107	1.8675	1.6077	0.4052	0.45560	152	2.6529	1.9405	0.7581	1.09171
108	1.8850	1.6180	0.4122	0.46695	153	2.6704	1.9447	0.7666	1.10818
109	1.9024	1.6282	0.4193	0.47844	154	2.6878	1.9487	0.7750	1.12472
110	1.9199	1.6383	0.4264	0.49008	**155**	2.7053	1.9526	0.7836	1.14132
111	1.9373	1.6483	0.4336	0.50187	156	2.7227	1.9563	0.7921	1.15799
112	1.9548	1.6581	0.4408	0.51379	157	2.7402	1.9598	0.8006	1.17472
113	1.9722	1.6678	0.4481	0.52586	158	2.7576	1.9632	0.8092	1.19151
114	1.9897	1.6773	0.4554	0.53807	159	2.7751	1.9665	0.8178	1.20835
115	2.0071	1.6868	0.4627	0.55041	**160**	2.7925	1.9696	0.8264	1.22525
116	2.0246	1.6961	0.4701	0.56289	161	2.8100	1.9726	0.8350	1.24221
117	2.0420	1.7053	0.4775	0.57551	162	2.8274	1.9754	0.8436	1.25921
118	2.0595	1.7143	0.4850	0.58827	163	2.8449	1.9780	0.8522	1.27626
119	2.0769	1.7233	0.4925	0.60116	164	2.8623	1.9805	0.8608	1.29335
120	2.0944	1.7321	0.5000	0.61418	**165**	2.8798	1.9829	0.8695	1.31049
121	2.1118	1.7407	0.5076	0.62734	166	2.8972	1.9851	0.8781	1.32766
122	2.1293	1.7492	0.5152	0.64063	167	2.9147	1.9871	0.8868	1.34487
123	2.1468	1.7576	0.5228	0.65404	168	2.9322	1.9890	0.8955	1.36212
124	2.1642	1.7659	0.5305	0.66759	169	2.9496	1.9908	0.9042	1.37940
125	2.1817	1.7740	0.5383	0.68125	**170**	2.9671	1.9924	0.9128	1.39671
126	2.1991	1.7820	0.5460	0.69505	171	2.9845	1.9938	0.9215	1.41404
127	2.2166	1.7899	0.5538	0.70897	172	3.0020	1.9951	0.9302	1.43140
128	2.2340	1.7976	0.5616	0.72301	173	3.0194	1.9963	0.9390	1.44878
129	2.2515	1.8052	0.5695	0.73716	174	3.0369	1.9973	0.9477	1.46617
130	2.2689	1.8126	0.5774	0.75144	**175**	3.0543	1.9981	0.9564	1.48359
131	2.2864	1.8199	0.5853	0.76584	176	3.0718	1.9988	0.9651	1.50101
132	2.3038	1.8271	0.5933	0.78034	177	3.0892	1.9993	0.9738	1.51845
133	2.3213	1.8341	0.6013	0.79497	178	3.1067	1.9997	0.9825	1.53589
134	2.3387	1.8410	0.6093	0.80970	179	3.1241	1.9999	0.9913	1.55334
135	2.3562	1.8478	0.6173	0.82454	**180**	3.1416	2.0000	1.0000	1.57080

Tangentes et cotangentes des angles de 0° à 90°.

ANGLE (1)	TANGENTE DE (1) et cotangente de (3)	ANGLE (3)	ANGLE (1)	TANGENTE DE (1) et cotangente de (3)	ANGLE (3)
0°	0,0000	90°	46°	1,0355	44°
1	0,0174	89	47	1,0724	43
2	0,0349	88	48	1,1106	42
3	0,0524	87	49	1,1504	41
4	0,0699	86	50	1,1918	40
5	0,0875	85	51	1,2349	39
6	0,1051	84	52	1,2799	38
7	0,1228	83	53	1,3270	37
8	0,1405	82	54	1,3764	36
9	0,1584	81	55	1,4281	35
10	0,1763	80	56	1,4826	34
11	0,1944	79	57	1,5399	33
12	0,2126	78	58	1,6003	32
13	0,2309	77	59	1,6643	31
14	0,2493	76	60	1,7321	30
15	0,2679	75	61	1,8040	29
16	0,2867	74	62	1,8801	28
17	0,3057	73	63	1,9626	27
18	0,3249	72	64	2,0503	26
19	0,3443	71	65	2,1445	25
20	0,3640	70	66	2,2460	24
21	0,3839	69	67	2,3559	23
22	0,4040	68	68	2,4751	22
23	0,4235	67	69	2,6051	21
24	0,4452	66	70	2,7475	20
25	0,4663	65	71	2,9042	19
26	0,4877	64	72	3,0777	18
27	0,5095	63	73	3,2709	17
28	0,5317	62	74	3,4874	16
29	0,5543	61	75	3,7321	15
30	0,5774	60	76	4,0108	14
31	0,6009	59	77	4,3315	13
32	0,6249	58	78	4,7046	12
33	0,6494	57	79	5,1445	11
34	0,6745	56	80	5,6713	10
35	0,7002	55	81	6,3138	9
36	0,7265	54	82	7,1154	8
37	0,7536	53	83	8,1443	7
38	0,7813	52	84	9,5144	6
39	0,8098	51	85	11,4301	5
40	0,8391	50	86	14,3007	4
41	0,8693	49	87	19,0811	3
42	0,9004	48	88	28,6362	2
43	0,9325	47	89	57,2900	1
44	0,9657	46	90	infini	0
45	1,0000	45			

Sinus et cosinus des angles de 0° à 90°.

ANGLE (1)	SINUS DE (1) et cosinus de (3)	ANGLE (3)	ANGLE (1)	SINUS DE (1) et cosinus de (3)	ANGLE (3)
0°	0,0000	90°	46°	0,7193	44°
1	0,0174	89	47	0,7314	43
2	0,0349	88	48	0,7431	42
3	0,0523	87	49	0,7547	41
4	0,0698	86	50	0,7660	40
5	0,0872	85	51	0,7771	39
6	0,1045	84	52	0,7880	38
7	0,1219	83	53	0,7986	37
8	0,1392	82	54	0,8090	36
9	0,1564	81	55	0,8192	35
10	0,1736	80	56	0,8290	34
11	0,1908	79	57	0,8387	33
12	0,2079	78	58	0,8480	32
13	0,2250	77	59	0,8572	31
14	0,2419	76	60	0,8660	30
15	0,2588	75	61	0,8746	29
16	0,2756	74	62	0,8829	28
17	0,2924	73	63	0,8910	27
18	0,3090	72	64	0,8983	26
19	0,3256	71	65	0,9068	25
20	0,3420	70	66	0,9135	24
21	0,3584	69	67	0,9205	23
22	0,3746	68	68	0,9272	22
23	0,3907	67	69	0,9336	21
24	0,4067	66	70	0,9397	20
25	0,4226	65	71	0,9455	19
26	0,4384	64	72	0,9511	18
27	0,4540	63	73	0,9563	17
28	0,4695	62	74	0,9613	16
29	0,4848	61	75	0,9659	15
30	0,5000	60	76	0,9703	14
31	0,5150	59	77	0,9744	13
32	0,5299	58	78	0,9781	12
33	0,5446	57	70	0,9816	11
34	0,5592	56	80	0,9848	10
35	0,5736	55	81	0,9877	9
36	0,5878	54	82	0,9903	8
37	0,6018	53	83	0,9925	7
38	0,6157	52	84	0,9945	6
39	0,6293	51	85	0,9962	5
40	0,6428	50	86	0,9976	4
41	0,6561	49	87	0,9986	3
42	0,6691	48	88	0,9994	2
43	0,6820	47	89	0,9998	1
44	0,6947	46	90	1,0000	0
45	0,7071	45			

Intérêts composés.

Valeur, à la fin de n années, de 1 franc placé à intérêt composé.

Nombre d'années n	TAUX DE L'INTÉRÊT				
	T = 3	T = 4	T = 4 1/2	T = 5	T = 6
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1	1.030	1.040	1.045	1.050	1.060
2	1.060	1.081	1.092	1.102	1.123
3	1.092	1.124	1.141	1.157	1.191
4	1.125	1.169	1.192	1.215	1.262
5	1.159	1.216	1.246	1.276	1.338
6	1.194	1.265	1.302	1.340	1.418
7	1.229	1.315	1.360	1.407	1.503
8	1.266	1.368	1.422	1.477	1.593
9	1.304	1.423	1.486	1.551	1.689
10	1.343	1.480	1.552	1.628	1.790
11	1.384	1.539	1.622	1.710	1.898
12	1.425	1.601	1.695	1.795	2.012
13	1.468	1.665	1.772	1.885	2.132
14	1.512	1.731	1.851	1.979	2.260
15	1.557	1.800	1.935	2.078	2.396
16	1.604	1.872	2.022	2.182	2.540
17	1.652	1.947	2.113	2.292	2.692
18	1.702	2.025	2.208	2.406	2.854
19	1.753	2.106	2.307	2.526	3.025
20	1.806	2.191	2.411	2.653	3.207
21	1.860	2.278	2.520	2.785	3.399
22	1.916	2.369	2.643	2.925	3.603
23	1.973	2.464	2.752	3.071	3.819
24	2.032	2.563	2.876	3.225	4.048
25	2.093	2.665	3.005	3.386	4.291
26	2.156	2.772	3.140	3.555	4.549
27	2.221	2.883	3.282	3.733	4.822
28	2.287	2.998	3.429	3.920	5.111
29	2.356	3.118	3.584	4.116	5.418
30	2.427	3.243	3.745	4.321	5.743
31	2.500	3.373	3.913	4.538	6.088
32	2.575	3.508	4.089	4.764	6.453
33	2.652	3.648	4.274	5.003	6.840
34	2.731	3.794	4.466	5.253	7.251

Exemple. — Quel est, au bout de 22 ans, le capital produit par 1.200 francs placés à intérêts composés au taux de 4 0/0 par an?

Le nombre 2.369, qui correspond à $n = 22$ et à T = 4, est la valeur de 1 franc au bout de 22 ans. En la multipliant par 1.200, on trouve 2.842 fr. 80, qui est la valeur de 1.200 francs au bout de 22 ans.

Amortissement.

Temps nécessaire pour opérer l'amortissement d'un capital.

TAUX t de l'amortissement t	TAUX DE L'INTÉRÊT									
	T = 3		T = 4		T = 4 1/2		T = 5		T = 6	
	Ans	Jours	Ans	Jours	Ans	Jours	Ans	Jours	Ans	Jours
0.001	116	64	94	250	86	358	80	214	70	201
0.002	93	292	77	228	71	264	66	284	58	341
0.0025	86	283	72	87	66	326	62	146	55	88
0.003	81	45	67	324	62	361	58	317	52	91
0.004	72	146	61	51	56	337	53	126	47	213
0.005	65	304	56	8	52	114	49	54	44	7
0.006	60	225	51	341	48	226	45	285	41	56
0.007	56	120	48	202	45	204	42	359	38	279
0.0075	54	164	47	23	44	76	41	273	37	259
0.008	52	261	45	250	42	350	40	220	36	266
0.009	49	222	43	76	40	258	38	197	34	350
0.01	46	328	41	13	38	266	36	265	33	144
0.011	44	187	39	40	36	355	35	40	32	1
0.012	42	140	37	141	35	146	33	241	30	274
0.0125	41	147	36	216	34	245	32	361	30	61
0.013	40	172	35	304	33	256	32	126	29	224
0.014	38	271	34	153	32	248	31	55	28	210
0.015	37	61	33	47	31	181	30	20	27	227
0.016	35	266	31	344	30	148	29	16	26	271
0.017	34	148	30	309	29	145	28	40	25	338
0.0175	33	285	30	121	28	336	27	244	25	197
0.018	33	66	29	304	28	168	27	88	25	60
0.019	32	19	28	325	27	216	26	158	24	167
0.02	31	0	28	4	26	284	25	247	23	289
0.0225	28	243	26	18	24	350	23	359	22	109
0.025	26	246	24	132	23	143	22	189	21	1
0.0275	24	349	22	327	22	8	21	86	19	316
0.03	23	164	21	220	20	299	20	38	18	312
0.0325	22	45	20	167	19	271	19	34	17	347
0.035	20	344	19	158	18	285	18	68	17	50
0.0375	19	323	18	186	17	334	17	133	16	145
0.04	18	341	17	246	17	46	16	227	15	265

Exemple. — Quel est le temps nécessaire pour amortir un capital, le taux de l'amortissement t étant de 2 0/0 ou 0,02, et le taux de l'intérêt T, 5 0/0 ?

En lisant sur la table le nombre qui se trouve dans la colonne verticale T = 5 et dans la colonne horizontale 0,02, on trouve 25 ans 247 jours.

Valeur actuelle de 1 franc payable à la fin de n années.

Nombre d'années n	TAUX DE L'INTÉRÊT				
	T = 3	T = 4	T = 4 1/2	T = 5	T = 6
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1	0.970	0.961	0.956	0.952	0.943
2	0 942	0.924	0.915	0.907	0.889
3	0.915	0.888	0.876	0.863	0.839
4	0.888	0.854	0.838	0.822	0.792
5	0.862	0.821	0.802	0.783	0.747
6	0.837	0.790	0.767	0.746	0.704
7	0.813	0.759	0.734	0.710	0.665
8	0.789	0.730	0.703	0.676	0.627
9	0.766	0.702	0.672	0.644	0.591
10	0.744	0.675	0.643	0.613	0.558
11	0.722	0.649	0.616	0.584	0.526
12	0.701	0.624	0 589	0.556	0.496
13	0.680	0.600	0.564	0.530	0.468
14	0.661	0.577	0.549	0.505	0.442
15	0.641	0.555	0.516	0.481	0.417
16	0.623	0.533	0.494	0.458	0.393
17	0.605	0.513	0.473	0.436	0 371
18	0.587	0.493	0.452	0.415	0.350
19	0.570	0.474	0.433	0.395	0.330
20	0.553	0.456	0.414	0.376	0.311
21	0.537	0.438	0.396	0.353	0.294
22	0.521	0.421	0.379	0.341	0.277
23	0.506	0.405	0.363	0.325	0.261
24	0.491	0.390	0.347	0.310	0 246
25	0.477	0.375	0.332	0.295	0.223
26	0.463	0.360	0.318	0.281	0.219
27	0.450	0.346	0.304	0.267	0.207
28	0.437	0.333	0.291	0.255	0.195
29	0.424	0.320	0.279	0.242	0.184
30	0.411	0.308	0.267	0.231	0.174
31	0.399	0.296	0.255	0.220	0.164
32	0.388	0.285	0.244	0.209	0.154
33	0.377	0.274	0.233	0.199	0.146
34	0.366	0.263	0.223	0.190	0.137

Exemple. — Quelle est la somme qu'il faudrait payer actuellement pour se libérer d'une somme de 4.000 francs, exigible dans 25 ans, le taux de l'intérêt étant de 4 0/0.

La fraction 0,375 qui correspond, dans le tableau ci-dessus, à $n = 25$ et à $T = 4$, est la valeur actuelle de 1 franc. En la multipliant par 4.000 francs on obtient 1,500 francs pour la valeur actuelle de la somme de 4.000 francs payable dans 25 ans.

Taux de l'amortissement nécessaire pour amortir un capital dans un nombre *n* d'années.

Nombre d'années *n*	TAUX DE L'INTÉRÊT				
	T = 3	T = 4	T = 4 1/2	T = 5	T = 6
	fr.	fr.	fr.	fr.	fr.
1	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2	0.492	0.490	0.488	0.487	0.485
3	0.323	0.320	0.318	0.317	0.314
4	0.239	0.235	0.233	0.232	0.228
5	0.188	0.184	0.182	0.180	0.177
6	0.154	0.150	0.148	0.147	0.143
7	0.130	0.126	0.124	0.122	0.119
8	0.112	0.108	0.106	0.104	0.101
9	0.098	0.094	0.092	0.090	0.087
10	0.087	0.083	0.081	0.079	0.075
11	0.078	0.074	0.072	0.070	0.066
12	0.070	0.066	0.064	0.062	0.059
13	0.064	0.060	0.058	0.056	0.053
14	0.058	0.054	0.052	0.051	0.047
15	0.053	0.049	0.048	0.046	0.042
16	0.049	0.045	0.044	0.042	0.038
17	0.045	0.042	0.040	0.038	0.035
18	0.042	0.038	0.037	0.035	0.032
19	0.039	0.036	0.034	0.032	0.029
20	0.037	0.033	0.031	0.030	0.027
21	0.034	0.031	0.029	0.027	0.025
22	0.032	0.029	0.027	0.025	0.023
23	0.030	0.027	0.025	0.024	0.021
24	0.029	0.025	0.023	0.022	0.019
25	0.027	0.024	0.022	0.020	0.018
26	0.025	0.022	0.021	0.019	0.016
27	0.024	0.021	0.019	0.018	0.015
28	0.023	0.020	0.018	0.017	0.014
29	0.022	0.018	0.017	0.016	0.013
30	0.021	0.017	0.016	0.015	0.012
31	0.019	0.016	0.015	0.014	0.011
32	0.019	0.015	0.014	0.013	0.011
33	0.018	0.015	0.013	0.012	0.010
34	0.017	0.014	0.012	0.011	0.009
35	0.016	0.013	0.012	0.011	0.008

Exemple. — Quel est le taux d'amortissement *t* nécessaire pour amortir un capital quelconque dans 30 ans, le taux de l'intérêt T étant 3 0/0.

Le nombre de la table qui correspond à $n = 30$ et à $T = 3$ est 0,021 ; donc on devra payer, chaque année, 2 fr. 10 0/0 du capital pour l'amortir dans 30 ans.

Annuités au moyen desquelles l'on peut amortir un capital de 100 francs.

Nombre d'années n	TAUX DE L'INTÉRÊT								
	2 0/0	2 1/2	3	3 1/2	4	4 1/2	5	5 1/2	6
1	102	102.500	103	103.500	104	104.500	105	105.500	106
2	51.5049	51.8827	52.2610	52.6400	53.0196	53.3997	53.7804	54.1618	54.5436
3	34.6764	35.0137	35.3530	35.6934	36.0348	36.3773	36.7208	37.0654	37.4109
4	26.2623	26.5817	26.9027	27.2251	27.5490	27.8743	28.2011	28.5294	28.8591
5	21.2158	21.5246	21.8354	22.1481	22.4627	22.7791	23.0974	23.2176	23.7396
6	17.8525	18.1549	18.4597	18.7668	19.0761	19.3878	19.7017	20.0178	20.3362
7	15.4511	15.7495	16.0506	16.3544	16.6609	16.9701	17.2819	17.5964	17.9135
8	13.6509	13.9467	14.2456	14.5476	14.8527	15.1609	15.4721	15.7864	16.1035
9	12.2515	12.5456	12.8433	13.1446	13.4492	13.7574	14.0690	14.3839	14.7022
10	11.1326	11.4258	11.7230	12.0241	12.3290	12.6378	12.9504	13.2667	13.5867
11	10.2177	10.5105	10.8077	11.1091	11.4149	11.7248	12.0388	12.3570	12.6792
12	9.4559	9.7487	10.0462	10.3483	10.6552	10.9666	11.2825	11.6029	11.9277
13	8.8118	9.1048	9.4029	9.7061	10.0143	10.3275	10.6455	10.9684	11.2960
14	8.2601	8.5536	8.8526	9.1570	9.4668	9.7820	10.1023	10.4279	10.7584
15	7.7825	8.0766	8.3766	8.6825	8.9941	9.3113	9.6342	9.9625	10.2962
16	7.3650	7.6598	7.9610	8.2684	8.5820	8.9015	9.2269	9.5582	9.8952
17	6.9969	7.2927	7.5952	7.9043	8.2198	8.5417	8.8699	9.2041	9.5444
18	6.6702	6.9670	7.2708	7.5816	7.8993	8.2236	8.5546	8.8919	9.2356
19	6.3781	6.6760	6.9813	7.2940	7.6138	7.9407	8.2745	8.6150	8.9620
20	6.1156	6.4147	6.7215	6.0361	7.3581	7.6876	8.0242	8.3679	8.7184
21	5.8184	6.1787	6.4871	6.8016	7.1280	7.4600	7.7996	8.1464	8.5004
22	5.6631	5.9646	6.2747	6.5932	6.9198	7.2545	7.5970	7.9471	8.3045
23	5.4678	5.7696	6.0813	6.4018	6.7309	7.0682	7.4136	7.7669	8.1278
24	5.2871	5.5912	5.9047	6.2272	6.5586	6.8987	7.2470	7.6035	7.9679
25	5.1220	5.4275	5.7427	6.0674	6.4011	6.7439	7.0952	7.4549	7.8226
26	4.9699	5.2768	5.5938	5.9205	6.2567	6.6021	6.9564	7.3193	7.6904
27	4.8293	5.1376	5.4564	5.7852	6.1238	6.4719	6.8291	7.1952	7.5697
28	4.6989	5.0087	5.3293	5.6602	6.0012	6.3520	6.7122	7.0814	7.4592
29	4.5778	4.8891	5.2114	5.5445	5.8879	6.2414	6.6045	6.9768	7.3572
30	4.4649	4.7777	5.1019	5.4371	5.7830	6.1391	6.5051	6.8805	7.2648
31	4.3596	4.6739	4.9998	5.3372	5.6855	6.0443	6.4132	6.7916	7.1792
32	4.2610	4.5768	4.9046	5.2441	5.5948	5.9563	6.3280	6.7095	7.1002
33	4.1686	4.4859	4.8156	5.1572	5.5103	5.8744	6.2490	6.6334	7.0272
34	4.0818	4.4006	4.7321	5.0759	5.4314	5.7981	6.1755	6.5629	6.9598
35	4.0002	4.3205	4.6539	4.9998	5.3577	5.7270	6.1071	6.4974	6.8973

Exemple. — Avec quelle annuité pourra-t-on amortir en 3 ans un capital placé à 3 0/0?

Le nombre qui correspond à $n = 30$ et à $T = 3$ dans le tableau précédent est 5,10; donc on devra payer 5,10 0/0 du capital pour l'amortir en 30 ans. Ce nombre correspond exactement à celui du deuxième exemple de la page précédente.

Tables de transformation.

Transformation des pentes métriques en degrés d'inclinaison.

PENTE métrique	DEGRÉS d'inclinaison	PENTE métrique	DEGRÉS d'inclinaison
0m,005	0° 17' 10"	0m,080	4° 34' 30"
0 ,010	0 35 0	0 ,085	4 51 30
0 ,015	0 51 30	0 ,090	5 8 30
0 ,020	1 8 40	0 ,095	5 25 30
0 ,025	1 26 0	0 ,100	5 42 30
0 ,030	1 43 01	0 ,105	5 50 30
0 ,035	2 0 20	0 ,110	6 16 30
0 ,040	2 17 30	0 ,115	6 33 40
0 ,045	2 34 40	0 ,120	6 50 30
0 ,050	2 51 40	0 ,125	7 7 30
0 ,055	3 8 50	0 ,130	7 24 20
0 ,060	3 26 0	0 ,135	7 41 20
0 ,065	3 43 10	0 ,140	7 58 10
0 ,070	4 0 20	0 ,145	8 15 5
0 ,075	4 17 20	0 ,150	8 31 50

Transformation des degrés d'inclinaison en pentes métriques.

DEGRÉS d'inclinaison	PENTE métrique	DEGRÉS d'inclinaison	PENTE métrique
0°15'	0,00436	10°	0,17633
0 30	0,00873	12	0,21256
0 45	0,01309	14	0,24933
0 60	0,01746	16	0,28675
1 30	0,02618	18	0,32492
2	0,03492	20	0,36397
2 30	0,04366	22	0,40403
3	0,05241	24	0,44523
3 30	0,06116	26	0,48773
4	0,06993	28	0,53171
4 30	0,07870	30	0,57735
5	0,08749	32	0,62487
6	0,10510	34	0,67451
7	0,12278	36	0,72654
8	0,14054	38	0,78120
9	0,15838	40	0,83910

Transformation de quelques fractions ordinaires en fractions décimales, avec leurs racines carrées et cubiques

FRACTIONS ordinaires	FRACTIONS décimales	RACINES carrées	RACINES cubiques	FRACTIONS ordinaires	FRACTIONS décimales	RACINES carrées	RACINES cubiques
1/3	0,333	0.577	0.693	1/8	0,125	0.354	0.500
2/3	0,666	0.816	0.874	3/8	0,375	0.612	0.721
1/4	0,250	0.500	0.630	5/8	0,625	0.791	0.855
3/4	0,750	0.866	0.909	7/8	0,875	0.935	0.956
1/6	0,166	0.408	0.550	1/9	0,111	0.333	0.481
5/6	0,833	0.913	0.941	2/9	0,222	0.471	0.606
1/7	0,143	0.378	0.523	4/9	0,444	0.667	0.763
2/7	0,286	0.535	0.659	5/9	0,555	0.745	0.822
3/7	0,428	0.655	0.754	7/9	0,777	0.882	0.920
4/7	0,571	0.756	0.830	1/12	0,083	0.289	0.437
5/7	0,714	0.845	0.894	5/12	0,416	0.645	0.747
6/7	0,857	0.926	0.950	7/12	0,583	0.764	0.836

Transformation des litres par seconde en litres par minute et en mètres cubes par heure et réciproquement.

LITRES par seconde	LITRES par minute	MÈTRES CUBES par heure	LITRES par minute	LITRES par seconde	MÈTRES CUBES par heure	MÈTRES CUBES par heure	LITRES par minute	LITRES par seconde
1	60	3.600	1	0.016	0.060	1	16.66	0.277
2	120	7.200	2	0.033	0.120	2	33.33	0.555
3	180	10.800	3	0.050	0.180	3	50.00	0.833
4	240	14.400	4	0.066	0.240	4	66.66	1.111
5	300	18.000	5	0.083	0.300	5	83.33	1.388
6	360	21.600	6	0.100	0.360	6	100.00	1.666
7	420	25.200	7	0.116	0.420	7	116.66	1.944
8	480	28.800	8	0.133	0.480	8	133.33	2.222
9	540	32.400	9	0.150	0.540	9	150.00	2.500

POIDS ET MESURES

Tableau des mesures métriques légales de France.

(Lois du 18 germinal an III et du 4 juillet 1837.)

Noms systématiques	Valeur	Expression numérique	Symbole ou abréviations
	Mesures de longueur		
Myriamètre ...	10.000 mètres.	10.000 m	»
Kilomètre.....	1.000 mètres.	1.000	km
Hectomètre ...	100 mètres.	100	»
Décamètre	10 mètres.	10	»
Mètre	*Unité fondamentale des poids et mesures.* Dix-millionième partie du quart du méridien terrestre.	1	m
Décimètre.....	Dixième du mètre.	0.1	dm
Centimètre....	Centième du mètre.	0.01	cm
Millimètre	Millième du mètre.	0.001	mm
Micron	Millième du millimètre.	0.000001	µ
	Mesures agraires		
Hectare.....	100 ares ou 10.000 mètres carrés.	10.000 m2	ha
Are	100 mètres carrés, carré de 10 mètres de côté.	100	a
Centiare	Centième de l'are, ou mètre carré.	1	
	Mesures de capacité pour les liquides et les matières sèches		
Kilolitre	1.000 litres.	1.000 dm3	»
Hectolitre.....	100 litres.	100	hl
Décalitre	10 litres.	10	dal
Litre	Décimètre cube.	1	l
Décilitre	Dixième du litre.	0.1	dl
	Mesures de solidité		
Décastère	10 stères.	10 m3	»
Stère.....	Mètre cube.	1	s
Décistère	Dixième du stère.	0.1	»
	Poids		
Millier	1.000 kilogrammes, poids du mètre cube d'eau et du tonneau de mer.	1.000 kg	t
Quintal.....	100 kilogrammes, quintal métrique.	100	q
Kilogramme ..	1.000 grammes. Poids dans le vide d'un décimètre cube d'eau distillée à la température de 4 degrés centigrades (1).	1	kg
Hectogramme..	100 grammes.	0.1	»
Décagramme ..	10 grammes.	0.01	»
Gramme	Poids d'un centimètre cube d'eau à 4 degrés centigrades.	0.001	g
Décigramme ..	Dixième du gramme.	0.0001	dg
Centigramme..	Centième du gramme.	0.00001	cg
Milligramme ..	Millième du gramme.	0.000001	mg

(1) L'étalon prototype en platine, déposé aux Archives, le 4 messidor an VII, donne, dans le vide, le poids légal du kilogramme.

Mesures spéciales usitées dans la marine.

Mesures de longueur.

Mille géographique de 15 au degré de l'équateur	7.420
Lieue de 18 au degré du méridien	6.173
Lieue de 25 au degré du méridien	4.445
Lieue marine ou géographique de 20 au degré	5.556
Mille marin de 60 au degré, ou arc du méridien d'une minute, ou tiers de lieue marine	1.852
Brasse, 5 pieds	1m,624
Encâblure nouvelle	200m,000
Encâblure ancienne, 100 toises	194m,904.
Nœud (mesure de vitesse)	1.852 mètres ou 1 mille à l'heure ou 0m,5144 par seconde.

Mesures topographiques.

	Kilomètres carrés.
Lieue marine carrée de 20 au degré	30.8642
Mille marin carré de 60 au degré	3.4293
Mille anglais carré	2.5899
Kilomètre carré	0,03240 lieue marine carrée. 0,29157 mille marin carré. 0,38612 mille anglais carré.

Mesures de volume.

Tonneau de jauge..... 2,83 mètres cubes.

Mesures spéciales d'un usage général pour certaines substances.

Carat. — Les diamants, pierres précieuses et perles sont évalués par *carats*. Le carat vaut :

En France	g. 0,2059
En Angleterre et en Allemagne	— 0,2055
En Hollande	— 0,205894
Au Brésil	— 0,1922

Il y a lieu de distinguer le *carat poids* et le *carat titre*. Ce dernier représente le 24e d'une unité d'or : ainsi l'or à 23 carats contient 23 parties d'or fin et 1 partie d'alliage.

Once. — Pour l'or et l'argent, on compte par *onces* (oz) de g. 31,103496 *deniers* (dwt) de 1gr,55 et *grains* (grn) de 0gr,0647.

Baril. — Le pétrole est compté officiellement, en Amérique, par *barils* de 42 gallons (159 litres). Pratiquement, il arrive dans des barils de 50 à 52 gallons.

Bouteille. — Le mercure est généralement évalué en *bouteilles* (bottles flasks, frascos) de kg. 34,65.

Mesures anglaises.

Abréviations usuelles	Noms systématiques	Valeurs relatives	Valeurs en mesures françaises
	Mesures de longueur		Mètres.
In.	Inch ou pouce	»	0.02540
Ft.	Foot ou pied	12 In	0.30479
Yd.	YARD	3 Ft	0.91438
Fth.	Fathom (brasse)	2 Yds	1.82877
»	Pole ou perch	5,5 Yds	5.02911
»	Furlong	220 Yds	201.16437
Mi.	Mile (Statute mile)	1760 Yds	1.609.3149
	Lieue marine	3,454 mi	5.558
	Mesures de superficie		Mètres carrés.
»	Square inch ou pouce carré	»	0.000645
»	Square foot ou pied carré	144 pouces carrés	0.0929
»	YARD CARRÉ	9 pieds carrés	0.8361
			Ares.
»	Pole carré	30 1/4 yards carrés	0.2530
»	Rood	1210 yards carrés	10.1168
			Hectare.
»	Acre	4840 yards carrés	0.4047
	Mesures de capacité		Litres.
»	Gill	»	0.1420
Pt.	Pint	4 Gills	0.5679
Qt.	Quart	2 Pts	1.1359
Gal.	GALLON	4 Qts	4.5435
Pck.	Peck	2 Gals	9.0869
Bu.	Bushel	4 Pecks	36.3477
»	Sack	3 Bus	100.0430
»	Quarter	8 Bus	290.7813
»	Chaldron	12 Sacks	1.308.5160
	Mesures de solidité		Mètres cubes.
»	Cubic inch, pouce cube	»	0.000016
»	Cubic foot, pied cube	1728 pouces cubes	0.028315
»	CUBIC YARD	27 pieds cubes	0.764513
»	Tonneau de mer	40 pieds cubes	1.132
»	Load (last de bois)	50 pieds cubes	1.415
»	Cubic fathom	216 pieds cubes	6.116
	Poids		
	1° Mesures dites *Troy Weight* (non usitées, sauf pour les métaux précieux et la pharmacie).		Grammes.
»	Grain	»	0.065
»	Penny weight	24 Grains	1.555
»	Ounce	20 Pennyweights	31. 03
»	TROY POUND	12 Ounces	373.242
	2° Mesures dites *Avoirdupois Weight* (mesures usuelles).		Grammes.
Dr.	Dram	»	1.772
Oz.	Ounce	16 Dr	28.350
Lb.	AVOIRDUPOIS POUND	16 Oz	453.593
St.	Stone	14 Lb	6.350.207
Qr.	Quarter	2 St	12.700.594
Cwt.	Hundred weight	4 Qr	50.802.377
Ton.	Ton	20 Cwt	1.016.047.541

Principales mesures des pays étrangers

Pays	Noms	Valeur
	Mesures de longueur.	
		centimètres
Belgique	*mètre*	100,000
Hollande	*el*	100.000
Russie	*pieds anglais*	30,476
	sagène, 7 *pieds* (*toise*)	213.356
	archine, 1/3 *de sagène*	71.119
	verchoc, 1/16 *d'archinne*	4,445
Suisse	*toise*, 6 *pieds*	180.00
	pied, unité	30.00
	pouce, 1/10 *de pied*	3,00
	ligne, 1/10 *de pouce*	0,30
	trait, 1/10 *de ligne*	0.03
Turquie	*archinne*	75.774
	pouce, 1/24 *d'archinne*	3,157
	endazé ou pic pour les étoffes	68,00
Autriche	*pied*	31.61
Prusse	*pied*	31,38
	Mesures itinéraires.	
		kilomètres
Belgique	*mille métrique*	1,000
Hollande	*mijl*	1.000
Italie	*mille métrique*	1.000
Russie	*werst*, 500 *sagènes*	1.067
Suisse	*lieue*, 16.000 *pieds*	4,800
Espagne	*mille marin*	6,365
Allemagne	*mille de* 2.000 *perches de* 10 *pieds*	7.532
Danemark		
Suède	*mille de* 2.250 *perches de* 16 *pieds*	10,688
Autriche	*mille*	7,586
	Mesures de poids.	
		grammes
Allemagne	*Marc*	233.855
Autriche	*Livre*	560,012
Danemark	*Marc*	235.389
Espagne	*Livre*	460,09
Hollande	*Livre de* 10 *onces ou* 100 *agros*	1000,000
	Wigte ou esterling	1,000
Russie	*Livre de* 9216 *doli*	409,512
Suède	*Livre*	525,082
Suisse	*Livre de* 16 *onces*	500,000

Poids et diamètre des monnaies.

Le franc pèse 5 grammes, 100 francs en monnaie d'argent pèsent 500 grammes.

Les pièces en argent sont de : 5, 2, 1 francs, 0 fr. 50, 0 fr. 20, et ont pour diamètre : 37, 27, 23, 18, 15 millimètres.

Les pièces en bronze sont de : 10, 5, 2, 1 centimes, pèsent : 10, 5, 2, 1 grammes, et ont pour diamètre : 30, 25, 20, 15 millimètres.

Les pièces en or sont de : 100, 50, 20, 10, 5 francs, pèsent : 32,26, 16,13, 6,452, 3,226, 1,613 grammes, et ont pour diamètre : 35, 28, 21, 19, 17 millimètres.

Les pièces de 5 francs en argent et les pièces d'or sont au titre de 900 millièmes de métal précieux.

Les pièces divisionnaires en argent (2 francs, 1 franc, 50 centimes et 20 centimes) contiennent 835 millièmes d'argent pur.

Enfin les pièces en bronze contiennent 95 parties de cuivre, 4 d'étain et 1 de zinc.

Monnaies usuelles des pays étrangers.

Aigle, or, États-Unis	= 51f,82	Milreis, or (Portugal), 1.000 reis	= 5f,60
Carolin (Suède)	= 10f	Para (Turquie)	= 0f,006
Christian (Danemark)	= 21f,90	Penny (Angleterre)	= 0f,105
Doblon (Espagne)	= 25f,95	Peseta (Espagne)	= 1f,05
Dollar (100 cents)	= 5f,18	Piastre du Chili	= 4f,72
Drachme (Grèce)	= 1f,00	Piastre de l'Amérique du Sud	= 5f,00
Ducat allemand	= 11f,83	Pfennig (cuivre allemand)	= 0f,01
Duro (Espagne)	= 5f,19	Piastre de Turquie	= 0f,22
Florin d'Autriche (100 kreutzers)	= 2f,47	Piastre d'Egypte	= 0f,25
Frédéric (de Prusse)	= 20f,78	Piastre de Tunis	= 0f,61
Gros (Silbergroschen), 1/30 de thaler	= 0f,125	Real d'Espagne (monnaie de compte)	= 0f,26
Gulden allemand	= 2f,12	Rei du Brésil	= 0f,003
Kopeck russe (1/100 de rouble)	= 0f,04	Rei du Portugal	= 0f,006
Kreutzer allemand	= 0f,03	Rigsdaler (Danemark)	= 2f,81
Livre sterling (Angleterre)	= 25f	Rixdaler de Hollande	= 5f,25
Mark allemand	= 1f,25	Rouble russe	= 3f,93
Medjidieh (Turquie) (100 piastres)	= 22f,80	Roupie des Indes	= 2f,38
Milreis (Brésil), 1.000 reis	= 2f,50	Shilling (Angleterre)	= 1f,25
		Specie daler (Norwège)	= 5f,54
		Thaler allemand	= 3f,70

Anciennes mesures françaises.

L'unité de longueur était la *toise*, qui valait 6 *pieds;* le pied, 12 *pouces;* le pouce valait 12 *lignes*, et la ligne, 12 *points*.

Mesures de longueur.

Toise	1m,94904
Pied, 1/6 de toise	0m,32484
Pouce, 1/12 de pied	0m,02707
Ligne, 1/12 de pouce	0m,00226

Inversement.

1 mètre vaut..... 0,513074 toise.
1 mètre vaut : 3 pieds et 11,296 lig.

Mesures de superficie.

Toise carrée	3mq,7980
Pied carré	7mq,1055

Mesures agraires.

MESURES AGRAIRES	CÔTÉ du carré correspondant	VALEUR EN		
		Pieds carrés	Toises carrées	Mètres carrés
Perche des eaux et forêts....	22 pieds	484	13,44	51,07
Arpent des eaux et forêts....	220 pieds	48400	1344,44	5107,20
Perche de Paris.....	18 pieds	324	9.00	34,19
Arpent de Paris.....	180 pieds	32400	900,00	3418,87
Are.....	10 mètres	947,7	26,32	100,00
Hectare.....	100 mètres	94768,2	2632,45	10000,00

DENSITÉS ET POIDS

Densités des gaz par rapport à l'air.

Air.....	1,00	Cyanogène.....	1,81
Hydrogène.....	0,069	Ammoniaque.....	0,60
Oxygène.....	1,11	Protoxyde d'azote.....	1,614
Azote.....	0,97	Bioxyde d'azote.....	1,04
Chlore.....	2,47	Oxyde de carbone.....	0,97
Gaz des marais, CH^4.....	0,56	Acide carbonique.....	1,53
Gaz d'éclairage.....	0,399	Acide sulfureux.....	2,27
Hydrogène bicarboné, C^2H^4.	0,98	Acide sulfhydrique.....	1,19

Densités des vapeurs par rapport à l'air.

Eau.....	0,624	Chlorhydrate d ammoniaque.	0,93
Alcool.....	1,601	Brome.....	5,54
Ether.....	2,57	Iode.....	8,72
Ether acétique.....	3.07	Soufre.....	2,21
Esprit-de-bois.....	1,12	Phosphore.....	4,42
Acide cyanhydrique.....	0,95	Mercure.....	6,98

Poids du litre d'air à Paris, à 0° et à la pression de 760 millimètres de mercure 1gr,293

Densités des liquides par rapport à l'eau prise à 4°.

Mercure.....	13,6	Alcool absolu.....	0,795
Brome.....	3,18	Ether.....	0,73
Acide sulfuriq. monohydraté.	1,84	Esprit-de-bois.....	0,798
Acide azotique fumant.....	1,52	Acide acétique.....	1,06
Acide azotique (Az^2O^5,$4H^2O$)	1,42	Eau de la mer.....	1,026
Ac. chlorhydrique(HCl,$3H^2O$)	1,21	Lait.....	1,03
Sulfure de carbone.....	1,26	Vin.....	0,99
Benzine.....	0,89	Huile d'olive.....	0,915
Essence de térébenthine....	0,86	Glycérine.....	1,264

Densités des solides.

Métaux.

Aluminium	2,75
Argent	10,53
Cuivre	8,92
Etain	7,29
Fer	7,86
Nickel	8,7
Or	19,32
Platine	21,50
Plomb	11,37
Zinc	7,50

Alliages.

Acier	7,8
Bronze	8,4 à 9,2
Bronze d'aluminium	7,7
Ferro-nickel	8,4
Fonte blanche	7,4 à 7,8
Fonte grise	6,7 à 7,1
Laiton	7,3 à 8,4
Maillechort	8,3 à 8,6

Substances diverses.

Glace à 0°	0,918
Acide sulfurique anhydre	1,97
Chaux, CaO	3,15
Chlorure de potassium	1,98
Chlorure de sodium	2,10
Acide arsénieux	3,7
Sel ammoniac	1,52
Azotate de potasse	2,09
Azotate de soude	2,24
Peroxyde de fer	5,12
Oxyde de zinc	5,6
Litharge	9,25
Minium	9,07
Céruse	6,97
Oxyde rouge de mercure	11,14
Quartz	2,65
Soufre	2,00
Charbon de cornue	1,88
Granite, porphyre, trachyte	2,6 à 2,8
Grès	2,55 à 2,65
Anthracite	1,4
Houille	1,3
Asphalte	1,06
Naphte liquide	0,70 à 0,84
Albâtre et marbres	2,7
Calcaires compacts	2,7
Gypse en poudre	2,27
Verre (moyenne)	2,5
Cristal	3,33
Kaolin	2,26
Porcelaine	2,5
Ardoise	2,9
Diamant	3,5
Charbon de bois en poudre	1,5
Charbon de chêne (morceaux)	0,42
Charbon de peuplier	0,24
Poudre à canon	2,08
Caoutchouc, gutta-percha	0,98
Gomme	1,3
Amidon, fécule	1,5
Graisse, beurre	0,94
Cire	0,96
Corps humain (moyenne)	1,07

Bois.

Acajou	560 à 850
Acacia	780 à 820
Aune	460 à 550
Bouleau	520 à 730
Buis de France	910
Buis de Hollande	1.320
Cèdre du Liban, sec	490
Charme	759 à 900
Châtaignier	550 à 740
Chêne de démolition	730
Chêne blanc	610
Cœur de chêne (60 ans)	1.170
Chêne vert	983
Cormier	819
Ebène	1.120 à 1.200
Erable	560 à 840
Frêne	840
Gaïac	1.339
Hêtre	800
Hêtre (un an de coupe)	660
Mélèze	540 à 600
Orme	540 à 630
Peuplier	390
Pin rouge	660
Pin du Nord	740
Platane	650
Poirier	700 à 840
Pommier	730 à 800
Sapin	450
Teak	860
Liège	240

Poids des matériaux de construction en kilogrammes par mètre cube.

Matériaux d'origine minérale.

	Le mètre cube. kil.	kil.
Terre végétale.....	1.214 à	1.285
Terre forte graveleuse.....	1.357	1.428
Argile et glaise....	1.656	1.756
Marne	1.570	1.640
Sable fin et sec....	1.399	1.428
— humide.....	1.900	»
— fossile et argileux	1.713	1.799
— de rivière humide.....	1.771	1.856
Gravier caillouté...	1.371	1.485
Ciment de terre cuite.	1.171	1.228
Chaux vive sortant du four.....	800	857
Chaux éteinte en pâte ferme.....	1.328	1.428
Mortier de chaux et de sable.....	1.856	2.142
Mortier de ciment...	1.656	1.713
— de mâchefer.	1.128	1.215
Brique de Bourgogne	1.550	»
— de Sarcelles..	1.460	»
Craie.....	1.214	1.285
Pierre à plâtre crue.	2.200	2.650
— de liais	2.250	2.450
— meulière.....	2.483	»
— ponce.....	914	»
Grès dur.....	2.600	moy.
Granit.....	2.630	2.750
Marbre noir.....	2.823	»
— blanc.....	2.726	»
Plâtre cuit battu...	1.199	1.228
— tamisé.....	1.242	1.257
Plâtre gâché humide.	1.571	1.599
— gâché sec...	1.399	1.414
Maçonnerie fraîche en pierre de taille.	2.400	2.700
Maçonnerie fraîche		
— en moellon.....	2.240	»
— en brique.....	2.170	2.370
— en cailloux.....	2.300	2.400
Cailloux	2.600	»
Béton de cailloux...	2.485	»
— de meulière..	2.700	»
Carreaux de plâtras et plâtre de 0m,50 sur 0m,33 et de 0m,04 d'épaisseur.	LE CARREAU humide.	sec.
	15	15
— 0m,08 *Id.*.....	18	17
— 0m,09 *Id.*.....	21	20
— 0m,11 *Id.*.....	23	22
	Le mille.	
Ardoise carrée forte..	450 à	470
— fine.....	360	380
— cartelette....	220	230

Matériaux en terre cuite.

	Le mille.	
Brique de Bourgogne. 226 × 108 × 54.	2.410 à	2.480
— de Montereau 217 × 108 × 50.....	2.080	2.140
Brique de Sarcelles, 021 × 88 × 47...	1.800	1.840
Tuiles de Bourgogne, grand moule, 298 × 244 × 14.....	2.230	2.250
— de Bourgogne, petit moule, 44 × 162 × 14.....	1.500	1.620
— de Sarcelles, 257 × 162 × 18.....	1.120	1.160
Carreaux de 0,162 à six pans, de Bourgogne.....	840	»
— de Sarcelles.....	740	»

Table du poids d'un mètre carré de feuille de tôle en fer laminé, cuivre rouge, plomb, zinc, étain et argent.

Épaisseur des feuilles	TÔLE	CUIVRE rouge	PLOMB	ZINC	ÉTAIN	ARGENT
millim.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
1/4	1,947	2,197	2,838	1,715	1,825	2,652
1/2	3,894	4,394	5,676	3,430	3,650	5,305
1	7,788	8,788	11,352	6,861	7,300	10,610
2	15,576	17,576	22,704	13,722	14,600	21,220
3	23.364	26,364	34,056	20,583	21,900	31,830
4	31,154	35,152	45,408	27,444	29,200	42,440
5	38,940	43,940	56,760	34,305	36,500	53,050
6	46,728	52,728	68,112	41,166	43,800	63,660
7	54,516	61,516	79,464	48,027	51,100	74,270
8	62,304	70,304	90,816	54,888	58,400	84,880
9	70,092	79,092	102,168	61,749	65,700	95,490
10	77,880	87,880	113,520	68,610	73,000	106,100
11	85,668	96,668	124,872	75,471	80,300	116,710
12	93,456	105,456	136,224	82,332	87,600	127,320
13	101,244	114,244	147,576	89,193	94,900	137,930
14	109,032	123,032	158,928	96,054	102,200	148,540
15	116,820	131,820	170,280	102,915	109,500	159,150
16	124,608	140,608	181,632	109,776	116,800	169,760
17	132,396	149,396	192,984	116,637	124,100	180,370
18	140,184	158,184	204,336	123,498	131,400	190,980
19	147,972	166,972	215,688	130,359	138,700	201,590
20	155,760	175,760	227,040	137,220	146,000	212,200

Numéros et poids des feuilles de zinc laminé.

NUMÉROS	ÉPAISSEUR en millim.	POIDS au mèt. carr.	NUMÉROS	ÉPAISSEUR en millim.	POIDS au mèt. carr.
	millim.	kilogr.		millim.	kilogr.
10	0,50	3,50	18	1,34	9,38
11	0,58	4,06	19	1,47	10,29
12	0,66	4,62	20	1,60	11,20
13	0,74	5,18	21	1,78	12,46
14	0,82	5,74	22	1,96	13,72
15	0,95	6,65	23	2,14	14,98
16	1,08	7,56	24	2,32	16,24
17	1,21	8,47	25	2,50	17,50

Les feuilles se vendent par longueurs de 2 mètres et par largeurs de 0m,50, 0m,65, 0m,80 et 1 mètre.

Poids des fers carrés, ronds, depuis 1 millimètre jusqu'à 105 millimètres de grosseur pour 1 mètre de longueur.

DIMENSIONS	FERS carrés	FERS ronds	DIMENSIONS	FERS carrés	FERS ronds	DIMENSIONS	FERS carrés	FERS ronds
mill.	kil. gr.	kil. gr.	mil.	kil. gr.	kil. gr.	mil.	kil. gr.	kil. gr.
1	0 008	0 006	36	10 093	7 930	71	39 259	30 846
2	0 031	0 024	37	10 662	8 377	72	40 373	31 721
3	0 070	0 055	38	11 246	8 836	73	41 502	32 548
4	0 125	0 098	39	11 806	9 307	74	42 647	33 508
5	0 195	0 158	**40**	12 461	9 791	**75**	43 806	34 119
6	0 280	0 220	41	13 092	10 280	76	44 983	35 343
7	0 382	0 300	42	13 738	10 794	77	46 176	36 280
8	0 498	0 392	43	14 400	11 314	78	47 382	37 228
9	0 631	0 496	44	15 078	11 846	79	48 605	38 189
10	0 779	0 612	**45**	15 771	12 391	**80**	49 843	39 162
11	0 942	0 746	46	16 479	12 948	81	51 097	40 147
12	1 121	0 881	47	17 204	13 517	82	52 367	41 144
13	1 316	1 034	48	17 944	14 098	83	53 632	42 154
14	1 526	1 199	49	18 699	14 692	84	54 952	43 176
15	1 752	1 377	**50**	19 470	15 296	**85**	56 208	44 210
16	1 994	1 566	51	20 257	15 916	86	57 600	45 256
17	2 251	1 768	52	21 059	16 546	87	58 947	46 315
18	2 523	1 983	53	21 877	17 183	88	60 310	47 386
19	2 811	2 209	54	22 710	17 843	89	61 689	48 469
20	3 115	2 448	**55**	23 559	18 510	**90**	63 088	49 563
21	3 435	2 698	56	24 423	19 189	91	64 486	50 671
22	3 769	2 962	57	25 303	19 881	92	65 918	51 791
23	4 120	3 237	58	26 199	20 584	93	67 358	52 923
24	4 486	3 525	59	27 110	21 300	94	68 815	54 067
25	4 868	3 824	**60**	28 036	22 028	**95**	70 287	55 224
26	5 265	4 136	61	28 979	22 769	96	71 774	56 393
27	5 677	4 461	62	29 937	23 521	97	73 262	57 574
28	6 106	4 797	63	30 911	24 286	98	74 776	58 644
29	6 550	5 146	64	31 900	25 063	99	76 330	59 972
30	7 009	5 507	**65**	32 884	25 853	**100**	77 880	61 190
31	7 484	5 880	66	33 925	26 654	101	79 445	62 420
32	7 975	6 266	67	34 960	27 468	102	81 026	63 662
33	8 481	6 664	68	36 012	28 294	103	82 623	64 916
34	9 003	7 074	69	37 079	29 133	104	84 235	66 133
35	9 540	7 496	**70**	38 161	29 983	**105**	85 863	67 462

TABLES DIVERSES.

Météorologie.

Hauteur moyenne de la colonne barométrique aux diverses altitudes.

Altitude.	Hauteur baromètr.	Altitude.	Hauteur baromètr.
0 mètre	762 millimètres	1.147 mètres	660 millimètres
21 mètres	760	1.269	650
127	750	1.393	640
234	740	1.519	630
342	730	1.647	620
453	720	1.777	610
564	710	1.909	600
678	700	2.043	590
793	690	2.180	580
909	680	2.318	570
1.027	670	2.460	560

Températures.

Température moyenne de Paris, 10°,7.

La plus basse température connue à Paris a été de — 23°,5 le 25 janvier 1795.

A 0m,30, de profondeur dans le sol, les oscillations de température se font peu sentir et, à 1 mètre, elles sont insensibles.

Thermomètre Réaumur : le 0° correspond au 0° du centigrade, et le 80° correspond à 100° centigrades; les nombres de degrés sont donc dans le rapport de 4 à 5.

Thermomètre Fahrenheit : le 32° correspond au 0° du centigrade, et le 212° à 100° centigrades; en retranchant 32 d'un nombre de degrés Fahrenheit, le nombre restant sera au nombre correspondant de degrés centigrades dans le rapport de 9 à 5.

Vitesses du son et de la lumière.

Vitesse du son à la seconde : 337 mètres dans l'air, 1.435 mètres dans l'eau, 3.500 mètres dans la fonte.

Vitesse de la lumière à la seconde : 300.000 kilomètres.

Pression des vents par mètre carré.

	A la seconde	par m. carré.
Vent frais convenable pour les moulins, vitesse.	7m	6k
Vent très fort	15m	30k
Tempête	24m	78k
Grand ouragan	45m	275k

Neige.

Une hauteur de neige est l'équivalent en poids d'une hauteur d'eau 10 fois moindre. — Pour 0m,25 de neige, c'est donc une surcharge de 25 kilogrammes par mètre carré pour les couvertures.

Points de fusion.

Acier	1400°	Cuivre	1093°
Alcool absolu	—90°	Étain	226°
Alliages :		Fer doux	1500°
1 plomb, 1 étain	241°	Fonte de fer	1050 à 1200°
1 plomb, 3 étain	186°	Huile d'olive	2°,5
1 plomb, 5 étain	194°	Huile de palme	29°
2 plomb, 9 étain, 1 zinc	168°	Iode	113°,5
Alliage de Darcet :		Mercure	—38°,5
5 plomb, 3 étain, 8 bismuth	94°	Or	1035°
Aluminium	625°	Phosphore	44°
Antimoine	440°	Platine	1775°
Argent	1040°	Plomb	335°
Arsenic	410°	Soufre	114°
Beurre	36°	Stéarine	61°
Bismuth	265°	Sucre de canne	160°
Bronze	900°	Suif	33°
Camphre	195°	Zinc	412°
Cire blanche	68°		

Points d'ébullition.

Acide acétique	120°	Essence de térébenthine	157°
— azotique ordinaire	86°	Ether sulfurique	35°,5
— carbonique	—78°	Huile de lin	387°
— chlorhydrique	110°	Iode	200°
— sulfureux	—10°	Mercure	357°,2
— sulfurique (monohyd.)	338°	Nitrobenzine	213°
Alcool	78°	Pétrole	106°
Benzine	80°,4	Phosphore	290°
Brome	63°	Potasse caustique	175°
Camphre	215°	Soufre	448°,3
Sel marin saturé	108°	Sulfure de carbone	48°
Créosote	203°	Zinc	929°
Eau de mer	103°,7		

Coefficients de dilatation linéaire.

Acier	0,000011	Fonte	0,000011
Argent	0,000020	Granite	0,000008
Bois de sapin	0,000005	Gypse	0,000014
Briques	0,000005	Pierre calcaire à bâtir	0,000005
Charbon de bois	0,000011	Plomb	0,000029
Ciment romain	0,000014	Terre cuite	0,000005
Cuivre jaune	0,000019	Verre	0,000009
Fer	0,000012	Zinc	0,000030
Fil de fer	0,000014		

EXTRAIT DU CATALOGUE

DE LA

LIBRAIRIE H. DUNOD & E. PINAT

ÉDITEURS

Quai des Grands-Augustins, 49, Paris (VI^e^)

Le Catalogue complet est envoyé gratuitement sur demande.

La Librairie DUNOD et PINAT fournit tous les livres français et étrangers. Elle envoie gratuitement la **Bibliographie mensuelle des Sciences et de l'Industrie** *à tous ses clients.*

DIVISION DE L'EXTRAIT DU CATALOGUE.

1° Electricité, télégraphie, téléphonie..... XXXIII
2° Mécanique et machines XXXVI
3° Chimie et industries chimiques..... XL
4° Travaux publics, constructions civiles et architecture..... XLVI
5° Géologie, minéralogie, mines et métallurgie..... LV
6° Administration et législation..... LVII

1° ÉLECTRICITÉ, TÉLÉGRAPHIE, TÉLÉPHONIE.

Agenda Dunod : *Electricité*..... 2 fr. 50

L'Electricien. Revue internationale hebdomadaire de l'électricité et de ses applications. Prix des abonnements annuels partant du 1^er^ de chaque mois : France, 20 fr. ; Etranger..... 25 fr.

L'Electricité à l'Exposition de Liège de 1905 par MONTPELLIER, rédacteur en chef de l'*Electricien* avec une introduction de M. E. SARTIAUX, Ingénieur des services électriques des Chemins de fer du Nord. In-8° de 616 p. avec 288 fig..... 18 fr.

Etat actuel de la Science électrique, *phénomènes, applications, théories*, par DEVAUX-CHARBONNEL, ingénieur des Télégraphes. In-8° de x-650 pages, avec 343 figures. Broché, 20 fr. ; cartonné..... 21 fr. 50

Électricité, par Ed. DACREMONT, conducteur des Ponts et Chaussées. (Ouvrage couronné par la Société d'Encouragement pour l'industrie nationale.)

1^re^ *partie.* Théorie et production : Etude générale des phénomènes électriques. Piles. Magnétisme. Courants alternatifs. Machines à courants alternatifs et à courant continu. Transformateurs. Accumulateurs. Mesures. In-8° de 500 p., 276 fig..... 12 fr.

2^e^ *partie.* Applications industrielles : canalisation et distribution, éclai-

rage, transport de l'énergie, traction, électrochimie, télégraphie, téléphonie, projet de distribution d'énergie. In-8° de 642 p., 321 fig..... 12 fr.

L'Electricité à la portée de tout le monde, par Georges Claude, ingénieur. 1 fort vol., 6e éd. Grand in-8° de 482 pages, avec 232 figures. Broché, 7 fr. 50 ; relié..... 9 fr. 50

L'Electricité industrielle mise à la portée de l'ouvrier. Manuel pratique à l'usage des monteurs électriciens, mécaniciens, élèves des écoles professionnelles, etc., par E. Rosenberg. Traduit de l'allemand par A. Maudüit, professeur à l'Institut électrotechnique de Nancy. In-8° de 435 pages, avec 284 fig. Br., 8 fr. 50 ; cart..... 10 fr.

Notions d'électricité, par G. Gillon, professeur à l'Université de Liège. Gr. in-8° de 404 pages, avec 450 figures et tableaux..... 16 fr.

Cours d'électricité et de magnétisme, par Em. Piérard, ingénieur honoraire des mines. *Tome I.* In-8° de 358 pages, avec 238 fig... 10 fr.

Recueil de problèmes avec solutions sur l'électricité et ses applications pratiques, par H. Vieweger, traduit de l'allemand par G. Capart, ingénieur civil. In-8° de xvi-312 pages, avec 173 fig. Broché, 9 fr. ; cartonné..... 10 fr. 50

Manipulations et études électrotechniques. Manuel pratique à l'usage des ingénieurs-électriciens et des élèves des Ecoles techniques, par Barbillion, professeur et sous-directeur de l'Institut électrotechnique de Grenoble. In-8° 16 × 26 de 304 p., avec 162 fig. Br., 12 fr. 50 ; cart. 14 fr.

La Technique pratique des courants alternatifs, à l'usage des électriciens, contremaitres, monteurs, etc., par G. Sartori, ingénieur, professeur d'électrotechnique à l'Institut royal technique supérieur de Milan, traduit de l'italien par J.-A. Montpellier, rédacteur en chef de *l'Electricien.*

I : *Exposé élémentaire et pratique des phénomènes du courant alternatif.* 2e éd. In-8° 16 × 25 de 506 pages, 255 fig. Br., 15 fr. ; cart. 16 fr. 50

II : *Développements théoriques et calculs pratiques.* In-8° 16 × 25 de 634 p., avec 287 fig. Br., 20 fr. ; cart..... 21 fr. 50

Théorie et calcul des phénomènes du courant alternatif, par Ch.-Pr. Steinmetz. Traduit sur la 3e édition américaine, revue et augmentée, par Henri Mouzet, ingénieur des Arts et Manufactures. Grand in-8° de xx-526 p., avec 210 fig. Br., 20 fr. ; cart..... 21 fr. 50

Le Courant alternatif, par R. Swyngedauw, professeur adjoint, chargé de l'enseignement électrotechnique à l'Université de Lille. In-8° 16 × 26 de xvi-174 pages, avec 62 figures et 3 planches..... 5 fr.

Distribution par courants alternatifs, par W. E. Goldsborough. Traduit par H. de Vorges, Ing. des Arts et Manuf. In-8° 16 × 25 de 248 p. et 12 pl. de 171 fig..... 10 fr.

Moteurs électriques à courant continu et alternatif, théorie et construction, par Henry M. Hobart, traduit de l'anglais par F. Achard, ingénieur. Gr. in-8° de 450 pages, avec 526 fig. et 2 pl. Br., 25 fr. ; cart..... 27 fr.

Génératrices électriques à courant continu, par Henry M. Hobart, M. Inst. C.-E., et F. Achard, ingénieur à la Société alsacienne de construc-

tions mécaniques. Gr. In-8° de 275 pages avec 141 figures. Broché, 15 fr. ; cartonné..... 17 fr.

Les Dynamos. Principes, description, installation, conduite, entretien, dérangements, par J.-A. MONTPELLIER, rédacteur en chef de *l'Electricien*. Grand in-8° avec 305 figures, cartonné..... 16 fr.

Les Accumulateurs électriques. *Théorie et technique. — Descriptions. — Applications*, par L. JUMAU, ingénieur-électricien. 2e édit. In-8° 16 × 26 de 1090 pages, avec 682 fig. Br., 29 fr.; cart..... 31 fr.

Traité pratique du transport de l'énergie par l'électricité, par Louis BELL, ingénieur-électricien, traduit sur la 3e édition américaine, revue et augmentée, par A. LEHMANN, ingénieur. In-8° 16 × 25 de 735 p., avec figures et planches. Br., 25 fr. ; cart..... 26 fr. 50

Les Maladies des machines électriques. Défauts et accidents qui peuvent se produire dans les génératrices, moteurs et transformateurs, par E. SCHULZ. Traduit de l'allemand par HALPHEN, ingénieur-électricien. In-16 de 92 pages, avec 42 fig. Cartonné..... 2 fr. 50

Guide pratique de mesures et essais industriels, par MONTPELLIER et ALIAMET.

T. I. — *Instruments et méthodes de mesure des grandeurs fondamentales, géométriques et mécaniques.* Gr. in-8° avec 275 fig. Br., 17 fr.; cart..... 18 fr. 50

— II. — *Instruments et méthodes de mesure des quantités magnétiques.* Gr. in-8° avec 73 fig. Br., 6 fr. ; cart..... 7 fr. 50

Electromoteurs, par G. ROESSLER, professeur à l'Ecole supérieure technique de Berlin, traduit de l'allemand par Em. SAMITCA, ingénieur.

T. I. — *Courant continu.* Gr. in-8° avec fig. Br., 6 fr. 50; cart.... 8 fr.

— II. — *Courants alternatifs et triphasé.* Gr. in-8° avec fig. Br., 10 fr. ; cart..... 11 fr. 50

Les deux volumes pris ensemble. Br., 15 fr.; cart..... 18 fr.

Les Distributions publiques d'énergie électrique en France, par J.-A. MONTPELLIER, rédacteur en chef de *l'Electricien*. In-4 de 568 pages, avec plus de 100 cartes et figures. Cartonné..... 25 fr.

La Technique de la Houille blanche, par E. PACORET, ingénieur électricien. Grand in-8° de XXXVI-830 pages, avec 300 figures et 10 pl. Broché, 25 fr. ; cartonné..... 26 fr. 50

Les Automobiles électriques, par Gaston SENCIER, ingénieur des Arts et Manufactures, et A. DELASALLE, ingénieur, ancien élève de l'Ecole de physique et de chimie. Grand in-8°..... 15 fr.

Les nouveaux modes d'éclairage électrique : Arc, incandescence, vapeur de mercure, par A. BERTHIER, ingénieur. In 8° de 270 pages, avec 105 figures. Broché, 9 fr.; cartonné..... 10 fr. 50

Les Fours électriques et leurs applications industrielles, par J. ESCARD, ingénieur, avec préface de H. MOISSAN, de l'Institut. In-8° 16 × 24 de 535 p., 221 fig. et pl. en coul. Br., 18 fr.; cart... 19 fr. 50

Traité pratique de télécommunication électrique (Télégraphie-Téléphonie), par Ed. ESTAUNIÉ, ingénieur en chef des Télégraphes. Grand in-8° de 670 p., 528 fig. Br., 20 fr.; cart..... 21 fr. 50

Télégraphie pratique. Traité complet de télégraphie électrique, à l'usage des agents des postes et télégraphes et des chemins de fer, des constructeurs d'appareils télégraphiques, etc., par L. Montillot, inspecteur des Postes et Télégraphes. Grand in-8°, 624 pages avec 356 figures et 6 planches, cartonné toile pleine..... 25 fr.

La télégraphie sans fil, par le professeur Domenico Mazzotto, traduit de l'italien par J.-A. Montpellier, rédacteur en chef de *l'Electricien*. In-8° 16 × 25 de x-432 pages, avec 250 figures. Broché, 12 fr. 50; cart.. 14 fr.

La télégraphie sans fil et la télémécanique à la portée de tout le monde, par E. Monier, ingénieur des arts et manufactures. 4e édit. In-16 de VIII-178 pages, avec 22 figures..... 2 fr.

Téléphonie pratique, par Montillot, inspecteur des postes et des télégraphes. 2e édition augmentée d'un volume inédit. 2 grands in-8°, ensemble 948 p., 716 figures et 10 planches, reliés..... 30 fr.
Le second volume se vend séparément, relié..... 12 fr. 50

Manuel de téléphonie. Acoustique, notions d'électricité et de magnétisme, téléphones divers, construction des lignes, montage des postes, dérangements, applications générales, par Maurice Gillet. In-16, avec 252 fig., cartonné..... 10 fr.

Installations téléphoniques. Notions spéciales d'électricité. Description et fonctionnement des appareils. Montage des postes d'abonnés et des postes centraux, par J. Schils, inspecteur des postes et télégraphes. In-8° 13 × 20 de 270 pages, avec 187 figures. Cartonné..... 4 fr. 50

1er Congrès international pour l'étude de la Radiologie et de l'Ionisation (Liège, 1905). In-8° 17 × 26 de 600 p. nombr. fig. 17 fr. 50

2° MÉCANIQUE ET MACHINES.

Agenda Dunod : *Mécanique*..... 2 fr. 50

Agenda Dunod : *Législation et réglementation industrielles*. 2 fr. 50

Revue de mécanique (voir Annonce page LXIV).

Histoire documentaire de la Mécanique française (fragments), d'après le Musée centennal de la Mécanique à l'Exposition universelle de 1900, par E. Eude, ingénieur. In-4° de 323 pages, luxueusement imprimé et illustré de 165 figures et 42 portraits..... 15 fr

Aide-mémoire du Mécanicien et de l'Electricien : Construction mécanique, électrique, automobile, publié sous la direction de Paul Blancanoux, ingénieur civil. In-16 de 400 pages, avec figures. Cartonné. 6 fr.

Eléments de mécanique et d'électricité, par de Valbreuze et Laville, ingénieurs. In-8° de 385 pages, avec 122 fig. Relié..... 7 fr.

La Sécurité du travail dans l'industrie : Moyens préventifs contre les accidents d'usines et d'ateliers, par P. Razous, inspecteur du travail dans l'industrie. Gr. in-8° avec fig..... 12 fr. 50

Hygiène et sécurité du travail industriel, par G. Paraf, ingénieur. In-8° 16 × 24 de 632 p. et 402 fig. Br., 20 fr.; cart..... 22 fr.

Etudes sur l'organisation du travail dans les usines : taille de métaux, emploi des courroies, direction des ateliers, par F.W. Taylor. In-4° de VI-412 pages, avec 100 fig..... 10 fr.

Méthodes américaines d'éducation générale et technique, par Omer Buyse, directeur de l'Ecole industrielle de Charleroi. In-8° 16×25 de 744 pages, avec 365 figures..... 12 fr.

Expériences sur le travail des machines-outils pour les métaux, par C. Codron. 1er fascicule. Meulage. Tranchage. Cisaillage. Poinçonnage. In-4°..... 12 fr. 50
2e fasc. Forage. In-4° de 551 p., 1.036 fig..... 25 fr.

Cours de machines, par Haton de La Goupillière, membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, directeur de l'Ecole nationale supérieure des mines. 2 forts vol. gr. in-8° avec nombreuses fig..... 60 fr.

Chaudières à vapeur. Généralités, production de la chaleur, chaudières, accessoires, accidents, conduite, entretien, réglementation, transport de la vapeur, par J. Dejust, ingénieur des Arts et Manufactures, répétiteur à l'Ecole centrale. Gr. in-16 avec 394 fig. et 2 pl. Reliure souple..... 12 fr.

Méthodes économiques de combustion dans les chaudières à vapeur, par J. Izart, ing. civil des Mines. 2e éd. In-8° 16×25 de 236 p., nombreuses fig. Br. 7 fr. 50 ; cart..... 9 fr.

La vapeur d'eau surchauffée, par L. Marchis, professeur à la faculté des sciences de Bordeaux. In-8° de XXX-733 pages, avec 352 figures et 29 tableaux..... 22 fr. 50

Machines à vapeur et machines thermiques diverses, par J. Dejust, ingénieur des Arts et Manufactures, répétiteur à l'Ecole centrale. Gr. in-16 de 600 p. avec 407 fig. Reliure souple..... 15 fr.

Traité de la condensation, par F.-J. Weiss, ingénieur à Bâle. Traduit par E. Hannebicque, ingénieur des laminoirs de MM. Schneider et Cie, au Creusot, sur la première édition allemande, revue et augmentée par l'auteur. In-8° avec 117 fig. Br., 20 fr. ; cart..... 21 fr. 50

Machines hydrauliques. Récepteurs hydrauliques. — Machines élévatoires. — Propulseurs hydrauliques. — Presse hydraulique et applications, par F. Chaudy, ingénieur. Gr. in-16 avec fig. Rel. en mouton souple. 10 fr.

Dictionnaire des Arts et Manufactures et de l'Agriculture, par Ch. Laboulaye et une réunion de savants, d'ingénieurs et d'industriels. 7e édit. Les livraisons peuvent être vendues séparément au prix de 2 fr. 50 l'une. Prix de l'ouvrage complet en 5 vol., 5.800 fig..... 120 fr.

Dictionnaires techniques illustrés en six langues, (français, allemand, anglais, russe, italien, espagnol), établis, d'après une méthode nouvelle et pratique, par K. Deinhardt et A. Schlomann, ingénieurs.

1er volume : *Eléments des Machines. — Outils usuels*, par P. Stulpnagel, ingénieur. In-16 de 404 pages, avec 823 figures. Cartonné.. 6 fr. 50

2e volume : *Electrotechnie*, par C. Kinzbrunner, ingénieur électricien, avec la collaboration de nombreux spécialistes de tous pays. In-16 de 2112 pages, avec près de 4000 figures. Cartonné..... 31 fr. 25

3e volume : *Chaudières, machines et turbines à vapeur*, publié sous la direction de W. Wagner, ingénieur. In-16 de 1322 pages, avec 3500 figures. Cartonné..... 19 fr.

Les Turbines à vapeur. Ouvrage suivi de considérations sur les machines thermiques et leur avenir, ainsi que sur la turbine à gaz, par STODOLA. Traduit de la 3e édition allemande par HAHN, Directeur du laboratoire de mécanique appliquée de l'Université de Nancy. In-8° 16 × 25 de 644 p., 434 fig. Br., 25 fr. — Cart..... 62 fr. 50

Les Moteurs à essence pour automobiles, par L. MARCHIS, Professeur adjoint de physique à la Faculté des Sciences de Bordeaux. In 8° 16 × 26 de XV-470 pages, avec 231 fig. Br., 16 fr. 50 ; cart..... 18 fr.

Les moteurs à gaz, étude des projets, construction et conduite des moteurs à explosion, par M. HAEDER, ingénieur civil, traduit de l'allemand par M. VARINOIS, ingénieur. 1er volume. In-8° de XVI-208 p., avec 726 fig. et 72 tableaux..... 12 fr. 50

Carburation et combustion dans les moteurs à alcool, par E. SOREL, ancien ingénieur des manufactures de l'Etat. In-8° 14 × 23 de 280 pages avec figures..... 8 fr.

La Chaudière locomotive et son outillage, par G. RICHARD, ingénieur civil des Mines. 1 vol. gr. in-8° avec 1.100 fig. et 1 atlas de 38 pl. 40 fr.

Manuel du mécanicien conducteur de locomotive, par G. RICHARD et BACLÉ. 1 vol. gr. in-8° avec 368 fig. et 1 atlas de 10 pl..... 25 fr.

Manuel de l'ouvrier chauffeur de la flotte, par LEDIEU et HUBAC (2e édit.). 1 vol. in-8° avec fig. et 1 atlas..... 15 fr.

Les Bateaux sous-marins, par F. FOREST et H. NOALHAT.

T. I. — *Historique*..... 12 fr. 50
— II. — *Technologie*..... 15 fr. »
Les 2 volumes ensemble..... 25 fr. »

Les Bateaux automobiles. par FOREST, ing.-constructeur, lauréat du Ministère de la Marine et du Yacht-Club de France. In-8° 16,5 × 25 de 700 p., 692 fig. Br., 25 fr. ; Cart..... 26 fr. 50

Théorie des turbines. Hydraulique pratique, par le Dr ZEUNER, professeur, traduit de l'allemand par E. KREITMANN, ingénieur. In-8° 16 × 24 de 434 p., avec 80 fig. Br., 14 fr. ; cart..... 15 fr. 50

Turbines hydrauliques, pompes et ventilateurs centrifuges. — Principes théoriques. — Dispositions pratiques et calcul des dimensions, par HENROTTE..... 10 fr.

Les Pompes. Généralités. Pompes à mouvement alternatif. Pompes à mouvement continu. Pompes employant comme force motrice l'action d'un fluide en mouvement. Pompes pour usages spéciaux, par R. MASSE, ingénieur civil des Mines ; préface de M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, membre de l'Institut. Gr. in-8° de XVI-528 pages, avec 957 fig. Br., 30 fr. ; cart..... 32 fr.

Les Régulateurs des machines à vapeur, par L. LECORNU, ingénieur en chef des Mines, professeur à l'Ecole supérieure des Mines. In-4° 22 × 32 de 314 pages, avec 277 figures..... 12 fr. 50

Découpage, matriçage, poinçonnage et emboutissage, par J. WOOD WORTH, ingénieur américain, traduit de l'anglais et augmenté d'une annexe par G. RICHARD, ingénieur civil des Mines. In-8° 16 × 25 de 350 pages, avec 685 figures. Br., 15 fr. ; cart..... 16 fr. 50

Les scieries et les machines à bois, par P. Razous, ingénieur. 2e édit. Gr. in-8° de 523 p., avec 377 fig. Br., 15 fr.; cart..... 16 fr. 50

Les scieries américaines et leur outillage, par J. Oudet. In-4° de 88 pages, avec 107 figures..... 5 fr.

La Pratique des machines à bois, par Per Sidèn, directeur d'usines. In-8° 16 × 25 de 333 pages, avec figures..... 12 fr. 50

Le Fraisage, par E. Jurthe et O. Mietzschke, ingénieurs, traduit sur la 2e édit. allemande par M. Varinois, ingénieur. In-8° 16 × 25 de 362 p. et 371 fig. Br., 15 fr.; cart..... 16 fr. 50

Étude expérimentale du rivetage, par Ch. Frémont. In-4° de 148 p., avec 184 fig..... 10 fr.

Mécanique, électricité et construction appliquées aux appareils de levage : *Les Ponts roulants actuels*, par Louis Rousselet, ingénieur des Arts et Métiers. Grand In-8° de 554 pages, avec 286 figures et 11 pl. Broché, 35 fr.; cartonné..... 37 fr.

Le Contremaître-mécanicien, par J. Lombard, chef d'atelier à l'Ecole nationale des Arts et Métiers de Lille, et J. Caen, inspecteur de l'Association des industriels de France. In-8° 13 × 21 de 506 p. avec 317 figures. Br. 7 fr. 50; Cart..... 8 fr. 75

Le mécanicien industriel: Sciences mécaniques, chaudières et machines, moteurs divers, mécanismes d'ateliers, par P. Blancarnoux, ingénieur. In-8° de 220 p., av. 400 fig., Br., 12 fr.; cart..... 13 fr. 25

Le mécanicien de chemin de fer, par L.-P. Guédon, ingénieur. In-8° de XII-506 p., av. 224 fig. Br., 7 fr. 50; cart..... 8 fr. 75

Manuel de l'ouvrier tourneur et fileteur, par J. Lombard, chef d'atelier à l'Ecole nationale d'Arts et Métiers de Lille. 2e éd. In-8° 14 × 21 de 232 p. et 204 fig. Br., 4 fr. 50; cart..... 5 fr. 75

Guide du traceur mécanicien. 4e édit., par Philippe Fay.... 7 fr. 50

Le Graissage et les Lubrifiants. Théorie et pratique du graissage : nature, propriétés et essais des lubrifiants, par L. Archbutt et R. Mountford Deeley, traduit de l'anglais et augmenté par G. Richard, ingénieur civil des Mines. In-8° 16 × 25 de 566 p., 236 fig. Br., 20 fr.; cart.. 21 fr. 50

Le Moulage mécanique (au point de vue de la confection des pièces en série. — Nombreuses descriptions de machines), par Avaurieu, professeur à l'Ecole d'Arts et Métiers de Lille. In-4° 22 × 32 de 112 p., 124 fig. 4 fr.

Cours de mécanique rationnelle, par Paul Haag, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées, répétiteur à l'Ecole polytechnique. 1 vol. in-8° de 552 p. avec fig..... 12 fr.

Mécanique, Hydraulique, Thermodynamique, par G. Dariès, ing. de la ville de Paris. In-16 de 804 p., 527 fig. Reliure souple, 2e éd. 15 fr.

Manuel pratique de dessin de machines, par G. Pipyn et A. Van den Steen. In-8° de 122 p. et atlas de 40 planches 30 × 43. En carton. 15 fr.

Cours élémentaire pratique de dessin de machines, à l'usage des écoles, contremaîtres, ouvriers et candidats aux Ecoles spéciales, par M. Tixier, ingénieur. 100 pl. dans un carton..... 10 fr.

Législation et contrôle des appareils à vapeur, par T. Cuvillier, contrôleur principal des Mines. Gr. in-16, relié..... 8 fr.

La Vie automobile (Revue hebdomadaire de l'automobilisme). Prix d'abonnement par an : France, 20 fr. ; étranger..... 25 fr.

La Technique automobile (Revue mensuelle, la seule traitant spécialement des questions automobiles au point de vue scientifique). — Prix d'abonnement par an : France 10 fr. ; étranger, 12 fr. (5 fr. pour les abonnés à *la Vie automobile*).

Le Poids lourd (Revue mensuelle de la locomotion automobile et des transports en commun). — Prix d'abonnement par an : France, 15 fr. ; étranger..... 18 fr.

Histoire de l'automobile, par P. Souvestre. Gr. in-8° de 800 p., av. fig. Br., 15 fr. ; carton., 17 fr. ; rel. amat..... 20 fr.

L'automobile à la portée de tout le monde, par M. Sainturat, ingénieur civil. In-4° oblong de 58 pages, avec 46 figures et 3 planches en couleurs comprenant 5 modèles démontables..... 12 fr.

Principes et recettes du Chauffeur d'automobiles. In-8° de 500 p. avec figures. Relié..... 7 fr. 50

Le Bréviaire du Chauffeur. Anatomie, physiologie, pathologie, thérapeutique et hygiène de la voiture automobile et des motocycles, par le Dr Bommier. 3e édit In-8°, 12,5 × 19 de 500 p., av. 189 fig. Relié... 8 fr.

Hygiène du chauffeur. par le Dr Bommier. In-8° de XII-216 pages, avec 67 fig. Relié..... 6 fr.

Le chauffeur à l'atelier, par le Dr Bommier. In-8° de XVI-344 pages, avec 269 fig. Relié..... 6 fr. 50

Les occasions dans le commerce automobile, par Ch. Laville. In-8° de VIII-324 pages, avec 134 figures. Relié..... 8 fr.

Dictionnaire et vocabulaire de l'automobile, français-allemand, anglais-italien, suivi d'un manuel pratique de tourisme international, par J. Izart. In-8° de 330 pages, avec fig. Relié..... 8 fr.

L'automobile et les armées modernes, par E. Tabis, ingénieur. In-8° de 352 pages, avec 144 figures. Broché, 10 fr. 50 ; cartonné..... 12 fr.

3° CHIMIE ET INDUSTRIES CHIMIQUES.

Agenda Dunod : *Chimie*..... 2 fr. 50

Agenda Dunod : *Réglementation et législation industrielles.* 2 fr. 50

Encyclopédie chimique, publiée sous la direction de M. Frémy, membre de l'Institut, professeur à l'Ecole polytechnique, directeur du Muséum, membre du Conseil supérieur de l'Instruction publique.

T. Ier. — *Introduction. — Généralités.* 3 vol..... 76 fr.
T. II. — *Métalloïdes.* 7 vol..... 155 fr.
T. III. — *Métaux.* 21 vol..... 287 fr. 50
T. IV. — *Analyse chimique.* 5 vol..... 77 fr. 50

T. V. — *Applications de chimie inorganique :* 16 vol.... 286 fr. 25
T. VI, VII et VIII. — *Chimie organique.* 16 vol..... 478 fr. 75
T. IX. — *Microbiologie.* 1 vol..... 40 fr.
T. IX. — *Chimie physiologique.* 7 vol..... 101 fr. 50
T. X. — *Applications de chimie organique.* 15 vol..... 212 fr. 75
Table alphabétique complète des matières de l'encyclopédie, par M. CHASTAING ..... 15 fr.

Prix de l'Encyclopédie chimique complète : 1.200 *francs.*

Dictionnaire de chimie pure et appliquée, de WURTZ, comprenant : la chimie organique et inorganique, la chimie appliquée, la chimie analytique, la chimie physique et la minéralogie.
5 forts volumes grand in-8°, avec figures..... 90 fr.

Premier supplément :
2 forts volumes grand in-8°, avec figures..... 38 fr. 50

Deuxième supplément :
(A-B). — 1 vol. grand in-8°..... 20 fr.
(C). — 1 vol. grand in-8°..... 20 fr.
(D-E). — 1 vol. grand in-8°..... 20 fr.
(F-G). — 1 vol. grand in-8°..... 24 fr.
(H). — 1 vol. grand in-8°..... 16 fr.
Les volumes suivants du deuxième supplément sont en préparation.

Memento du chimiste, recueil de tables et de documents divers indispensables aux laboratoires officiels et industriels, publié sous la direction de A. HALLER, membre de l'Institut, et Ch. GIRARD, directeur du laboratoire municipal. In-8° de XX-758 pages, avec tableaux et fig. Cart..... 12 fr.

Leçons sur les métaux, professées à la Faculté des sciences de Paris, par M. DITTE. 2 vol. in-4°, avec fig..... 33 fr.

Étude générale sur les sels. Leçons professées à la Faculté des Sciences de Paris par DITTE, membre de l'Institut.
1re *partie.* — Sels binaires. In-8° 16 × 26 de 310 pages..... 10 fr.
2e *partie.* — Sels ternaires oxygénés. In-8° 16 × 26 de 384 p. 12 fr. 50

Traité élémentaire de chimie organique, par M. BERTHELOT, membre de l'Institut, professeur au Collège de France, et E. JUNGFLEISCH, membre de l'Académie de Médecine, professeur à l'École de pharmacie. 4e édition, avec de nombreuses figures, revue et considérablement augmentée. 2 vol. gr. in-8° comprenant 2.200 pages avec figures..... 50 fr.

Traité d'analyse des substances minérales, par Adolphe CARNOT, membre de l'Institut, inspecteur général des Mines, professeur et directeur des laboratoires à l'École supérieure des Mines.
T. Ier. — *Méthodes générales d'analyse qualitative et quantitative.* 1 vol. gr. in-8°, avec 357 fig. Br., 35 fr.; cart. 36 fr. 50
T. II. — *Métalloïdes.* Broché, 25 fr ; cartonné..... 26 fr. 50
Souscription à l'ouvrage complet en 4 volumes, brochés..... 90 fr.

Traité élémentaire d'analyse qualitative des matières minérales, par A. DITTE, professeur à la Faculté des Sciences (2e éd.). — 1 fort vol. gr. in-8° élégamment cartonné, avec 3 pl. en couleurs..... 10 fr.

Cours d'analyse quantitative des matières minérales, professé à l'Institut de chimie pratique de Bruxelles, par A. MEURICE, ingénieur chimiste. Grand in-8° de 830 pages, avec 62 figures. Cartonné..... 30 fr.

Traité général des applications de la chimie, par Jules Garçon, ingénieur chimiste.

T. Ier. — *Métalloïdes et composés métalliques*..... 20 fr.
T. II. — *Applications de la chimie organique*..... 20 fr.

Analyse chimique industrielle. Publié sous la direction du professeur G. Lunge. Traduit sur la 5e édition allemande (1905-06) par E. Campagne, ingénieur-chimiste.

1er vol.: Industries minérales. In-8° 16 × 25 de 650 pages, 105 figures. Br., 22 fr. 50; cart..... 24 fr.

Argiles. Produits céramiques. Sels d'alumine. Mortiers. Verre. Goudron. Gaz. Ammoniaque. Dérivés du cyanogène. Carbure de calcium et acétylène. Allumettes. Explosifs. Couleurs minérales.

2e volume: *Industries organiques*. In-8° 16 × 25 de 904 pages, avec 118 fig. Broché, 27 fr. 50; cartonné..... 29 fr.

Huiles minérales. Huiles, graisses et cires. Méthodes spéciales de l'industrie des corps gras. Caoutchouc. Huiles essentielles. Industrie du sucre. Amidon. Essai des matières tannantes. Papier. Encres. Industrie de l'acide tartrique. Fabrication de l'acide citrique. Matières colorantes organiques. Matières colorantes naturelles.

Analyse des Métaux par électrolyse. Métaux industriels, alliages, minerais, produits d'usines, par Hollard, docteur ès sciences, chef de Laboratoire, et Bertiaux, chimiste, essayeur du commerce. In-8° 16 × 25 de 184 p. avec fig. Br., 6 fr.; cart..... 7 fr.

Analyse des matières alimentaires et recherches de leurs falsifications, par Ch. Girard, directeur du Laboratoire municipal de la ville de Paris, avec la collaboration de MM. Sanglé-Ferrière et de Brévans, sous-chefs, de MM. les chimistes principaux, et chimistes au Laboratoire de la ville de Paris. 2e éd., revue et augmentée. In-8° 16 × 24 de 872 p., avec fig. Br., 25 fr.; cart..... 26 fr. 50

Analyse chimique. — Méthodes analytiques appliquées aux substances agricoles. — Engrais. Terres. Roches. Cendres. Eaux. Produits alimentaires et industriels, par M. A. Muntz, professeur, directeur des Laboratoires à l'Institut agronomique. 1 fort vol. in-8° de 600 p., avec nombreuses fig..... 25 fr.

Toute la chimie minérale par l'électricité, par Jules Sévenin. Fabrication de tous les produits, à la portée de tous, par des moyens électriques et nouveaux et leur extraction directe de toutes les mines et de toutes les sources dont l'analyse et le traitement électrochimique sont donnés pour chacune. Grand in-8° 16 × 25 de 800 pages, avec 66 figures. Broché, 25 fr.; cartonné..... 26 fr. 50

Manuel de manipulations d'électrochimie, par C. Marie, docteur ès sciences. Préface de H. Moissan, de l'Institut. In-8° de 166 pages, avec 57 figures. Br., 8 fr.; cart..... 9 fr. 50

L'Eau dans l'industrie. — Considérations, influences, désordres, remèdes, eaux résiduaires, épuration, analyse, corrosions des générateurs de vapeur industriels et marins, par H. de La Coux. 2e édit. Br., 16 fr.; cart. 17 fr. 50

Production et utilisation du froid, par L. Marchis, lauréat de l'Institut, professeur-adjoint de physique à l'Université de Bordeaux. In-4° 22 × 32 de 586 p., 403 fig. Br., 37 fr. 50; cart..... 40 fr.

L'œuf de poule, sa conservation par le froid, par F. Lescardé. In-8° de VI-134 pages..... 3 fr.

Traité complet théorique et pratique de la fabrication de l'alcool et des levures, par G. Dejonghe, ingénieur civil.

T. I. — *Composés organiques de la fabrication de l'alcool. Traitement des matières sucrées et des matières amylacées.* Gr. in-8° de 430 pages, avec 176 fig. et 2 pl..... 20 fr.

T. II. — *Fermentation alcoolique. Fabrication de la levure de boulangerie. Distillation et raffinage des alcools.* Gr. in-8° de 580 pages, avec 216 fig..... 20 fr.

T. III. — Supplément. *Traitement des résidus de la fabrication de l'alcool. Calcul et installation des usines. Contrôle technique du travail.* Gr. in-8° de 260 pages, avec 55 fig. et 2 pl..... 10 fr.

Les 3 volumes ensemble..... 40 fr.

Aide-mémoire du brasseur, par L. Pierre. In-16 de XII-388 pages. Cart..... 4 fr. 50

La dénaturation de l'alcool, par R. Duchemin. In-8° de XVI-264 pages, avec fig. Br., 7 fr. 50 ; cart..... 9 fr.

La Conservation des substances alimentaires, par Urbain, répétiteur à l'Ecole centrale. 1 vol. in-8°, avec figures..... 3 fr. 75

L'analyse chimique en sucreries et raffineries de cannes et de betteraves, par Ch. Fribourg, chimiste. In-8° de VIII-390 pages, avec 51 fig. Br., 12 fr. 50 ; cart..... 14 fr.

Les densités des solutions sucrées à différentes températures, calculées par D. Sidersky, ingénieur-chimiste. Grand in-8° de 48 pages, avec tables..... 3 fr. 50

Acide sulfurique, par Sorel, ancien ingénieur des Manufactures de l'Etat. 1 vol. gr. in-8° et 1 atlas..... 25 fr.

Produits chimiques. Le soufre et ses dérivés, salpêtre, acide nitrique, sel marin et sel gemme, sulfate de soude, acide chlorhydrique, soude, par Sorel, ancien ing. des Manuf. de l'Etat. 1 fort vol. gr. in-8°, avec fig. 40 fr.

Produits chimiques. Généralités, chlorures de chaux, phosphates et superphosphates, aluns, chlorates, par Frémy, Nivoit, Kolb, Pommier et Péchiney. 1 vol. grand in-8°, avec fig. et pl..... 15 fr.

Préparation des produits chimiques par l'électrolyse, par le Dr Karl Elbs, traduit de l'allemand par E. Leriche, directeur des usines du Castelet. In-8° avec fig. Br., 4 fr. cart..... 5 fr.

L'appareillage mécanique des industries chimiques. Adaptation de l'ouvrage allemand de Parnicke, par E. Campagne, ingénieur-chimiste. In-8° 16 × 25 de 362 p. avec 298 fig. Br., 12 fr. 50 ; cart..... 14 fr.

L'Ozone et ses applications industrielles, par H. de La Coux, ingénieur chimiste, inspecteur de l'enseignement technique au Ministère du Commerce. In-8° 16 × 26 de 560 pages, avec 159 fig. Br., 15 fr. ; cart..... 16 fr. 50

Etude sur l'industrie des phosphates et superphosphates (Tunisie. — Floride. — Scories basiques), par David Levat, ingénieur civil des Mines. 1 vol. in-8° avec planches, cartonné..... 7 fr.

Etude complète sur les phosphates, par A. Deckers, ingénieur. 1 fort vol. grand in-8° de 500 pages et un atlas ..... 25 fr.

Les Combustibles industriels. Houille, pétrole, lignite, tourbe, bois, charbons de bois, agglomérés, coke, par F. Colomer et Ch. Lordier. 2e édit. 1 fort volume grand in-8°. Br.. 18 fr.; cart..... 19 fr. 50

Le carbone et son industrie, par J. Escard, ingénieur civil. In-8° 16 × 25 de 802 p., 129 fig. Br. 25 fr. ; cart..... 26 fr. 50

Leçons sur le carbone, la combustion, les lois chimiques, par H. Le Chatelier, membre de l'Institut. In-8° de xvi-456 pages, avec 54 figures..... 12 fr.

Contribution à l'étude de la chimie agricole. Atmosphère, sol, procédés d'analyse, par Schloesing, membre de l'Institut. 1 vol. grand in-8°, avec fig..... 12 fr. 50

Analyse chimique des végétaux. Recherche des principes constitutifs. Méthodes de dosage, par Dragendorff, traduit et annoté par Schlagdenhauffen, dir. de l'Ecole de Pharmacie de Nancy. 1 vol. gr. in-8°. 12 fr. 50

La teinture au XIXe siècle, en ce qui concerne la laine et les tissus où la laine est prédominante, par T. Grison, chimiste teinturier. 3e édition. Nouveau tirage. 2 volumes in-8° de viii-318 et 358 pages, avec dessins et échantillons. Reliés..... 60 fr.

La grande industrie tinctoriale, par Beltzer, ingénieur-chimiste, expert-conseil, ancien directeur d'usines. In-8° 16 × 25 de 1.075 p., 99 fig. Br. 30 fr. ; cart..... 32 fr.

Fabrication des couleurs. Qualités, préparation, composition, fabrication et emploi des couleurs; théorie physique; contrastes, classification, par Guignet, répétiteur à l'Ecole polytechnique. gr. in-8°, avec fig. 10 fr.

Les Textiles. Composition, culture et traitement du chanvre, du lin et du coton, de la laine et de la soie ; textiles divers, blanchiment, par Paul Charpentier, ingénieur chimiste, gr. in-8°, avec fig..... 22 fr. 50

Teinture et apprêts des tissus de coton, par Léon Lefèvre, ingénieur chimiste. 1 vol. grand in-8°, avec fig. et pl..... 10 fr.

Le Bois. Propriétés physiques et chimiques ; description ; répartition dans les diverses contrées ; forêts ; conservation des bois ; applications, par P. Charpentier, ingénieur chimiste, gr. in-8°, avec fig..... 17 fr. 50

La distillation des résines et les produits qui en dérivent, par Schweitzer. Traduit par Muraour, chimiste. In-8° 14 × 23 de 244 p., 67 fig. Br. 7 fr. 50 ; cart..... 9 fr.

Le Papier. Matières premières ; fabrication, classification et usages par Paul Charpentier, ingénieur chimiste. 1 vol. in-8°, avec fig... 17 fr. 50.

Manuel alphabétique de l'industrie du cuir, par Schmidt et Wagner, traduit de l'allemand par R. Coulon. Gr. in-8° de 336 pages, avec 131 fig. Cart..... 25 fr.

Essais du cuir dans ses applications industrielles, par H. Boulanger. In-4° de viii-503 pages, avec 284 fig. et 8 pl..... 18 fr.

Fabrication des colles animales, par V. Cambon, ingénieur. In-8° de 216 pages, avec 50 fig. Br., 6 fr.; cart..... 7 fr. 50

Gélatines et colles. Fabrication, emplois et essais, par Paul Charpentier, ingénieur chimiste. 1 vol. grand in-8°, avec fig..... 6 fr. 25

Industrie des produits ammoniacaux. Production et fabrication, par C. Vincent, prof. à l'Ecole centrale. In-8° 16 × 25, avec fig. 9 fr.

Le Verre et le Cristal, par J. Henrivaux, directeur de la manufacture de Saint-Gobain. Nouvelle édition, revue et augmentée, avec un chapitre sur la législation et l'hygiène des verreries. par A. Riche, membre de l'Académie de Médecine. In-8° 16 × 25, 383 fig. et un atlas de 36 pl. 40 fr.

La Porcelaine. Historique, généralités, matières premières, façonnage, mise en couverte, encastage et cazettes, cuisson, matières premières employées dans la décoration, par Dubreuil, président de la Chambre de Commerce de Limoges. 1 vol. grand in-8°, avec fig..... 25 fr.

Manuel de Céramique industrielle, par Arnaud, chef de laboratoire d'essais céramiques, et Franche, ingénieur E. C. P. In-12 14×21 de 680 p. 306 fig. Br. 12 fr. ; cart..... 13 fr. 50

Les argiles réfractaires, par Bischof. Traduit sur la 3e édition allemande par Chemin, ingénieur en chef des P. et Ch. en retraite, ancien professeur à l'Ecole nationale des P. et Ch. In-8° 16 × 25 de 604 p., 90 fig. Br. 18 fr. ; cart..... 19 fr. 50

Contribution à l'étude des argiles et de la céramique. In-4° de 628 pages, avec fig..... 25 fr.

La Fabrication des émaux et l'émaillage. Traité pratique de la fabrication des émaux industriels et artistiques, et guide de l'émailleur sur métaux, par Randau. Traduit et annoté sur la 3e édition allemande par Em. Campagne, ingénieur chimiste. In-8° 14 × 23 avec fig..... 7 fr. 50

Dictionnaire des matières explosives, par le Dr J. Daniel, ingénieur, ancien directeur de la Compagnie des Explosifs " Sécurite ", préface de M. Berthelot, secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences. Grand in-8° de x-813 pages, avec figures. Br., 30 fr. ; relié..... 31 fr. 50

Eclairage. Huiles, alcool, gaz, électricité, photométrie, par L. Galine, ing. des Arts et Manufactures, et B. Saint-Paul, conducteur du service municipal de Paris. 2e *édition* 14 × 23 de 697 p., avec 308 fig... 15 fr

Les Gazogènes, par J. Deschamps, ingénieur-conseil en matière de gazogènes et de moteurs à gaz. Grand in-8° de 452 pages, avec 248 fig. 15 fr.

Production et utilisation des Gaz pauvres, par L. Marchis, professeur à l'Université de Bordeaux. In-4° de VIII-322 pages, avec 235 figures et 30 tableaux. Broché, 20 fr. ; cartonné..... 22 fr.

Les huiles, graisses et cires. *Technologie et analyse chimiques*, par le Dr Lewkowitch. Traduit de la 3e édition anglaise par Bontoux, ingénieur-chimiste de l'Ecole de chimie industrielle de Lyon. In-8° 16 × 25 de 584 p., 53 fig. Br. 20 fr. ; cart..... 21 fr. 50

Le Celluloïd. Camphre, cellulose, nitrocellulose, celluloïd, par Bockmann. Traduit et augmenté d'un chap. sur la voie artificielle par Klotz, ingénieur-chimiste. In-8° 14 × 22.5 de 135 p., 53 fig. Br. 4 fr. 50 ; cart. 5 fr. 50

4° TRAVAUX PUBLICS, CONSTRUCTIONS CIVILES ET ARCHITECTURE.

Revue générale des chemins de fer et des tramways.
Abonnement annuel :
Paris et départements..... 25 fr.
Etranger..... 28 fr.

Agenda Dunod : *Construction*..... 2 fr. 50

Agenda Dunod : *Chemins de fer*..... 2 fr. 50

Bibliothèque du conducteur de Travaux publics : Ensemble des connaissances indispensables aux conducteurs des Ponts et Chaussées et conducteurs municipaux, agents voyers, contrôleurs des Mines, chefs de section, architectes, entrepreneurs, conducteurs de travaux, inspecteurs, vérificateurs, etc., publiée sous les auspices de MM. les Ministres des Travaux publics, de l'Agriculture, de l'Instruction publique, du Commerce et de l'Industrie (Voir Annonce pages LXII et LXIII).

Ci-après la liste des volumes parus vendus séparément et pouvant être payés en deux fois. — Format portatif. Belle reliure pleine en mouton souple. Nombreuses figures dans le texte :

Mathématiques : Rappel des formules usuelles. — Algèbre. — Calcul infinitésimal. — Géométrie analytique, par Georges Dariès, conducteur des Ponts et Chaussées (2e édition)..... 12 fr.

Mécanique, Hydraulique, Thermodynamique : Cinématique. — Statique. — Dynamique. — Hydrostatique et Hydrodynamique. — Hydraulique. — Thermodynamique, par Georges Dariès, ingénieur de la ville de Paris (2e édition)..... 15 fr.

Chimie et physique appliquées aux Travaux publics. Analyse et essais des matériaux, par Malette, chimiste à l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées 12 × 18 de 600 p. avec fig..... 12 fr.

Topographie appliquée aux Travaux publics, par E. Prévot, chef du bureau du nivellement général de la France, avec un appendice relatif à la topographie expédiée, par O. Roux, conducteur des P. et Ch.
Tome I. — *Instruments.* — Description. — Manœuvre. — Vérification. — Réglage et précision des instruments..... 12 fr.
Tome II. — *Méthodes.* — Méthodes fondamentales de la planimétrie et du nivellement. — Applications. — Levés d'études et levés cadastraux. — Cartes topographiques. — Levés d'itinéraires..... 15 fr.
Les 2 volumes ensemble..... 25 fr.

Maçonneries : Pierres naturelles et artificielles. — Chaux, ciments et mortiers. — Maçonneries, par E. Simonet, conducteur des P. et Ch.. 10 fr.

Bois et Métaux : Classification, préparation, assemblages, résistance et

essais des bois. — Métallurgie. — Fabrication, assemblages, essais et résistance des métaux. — Rivure. — Machines-outils, par Aucamus, ingénieur ..... 8 fr.

Résistance des matériaux appliquée aux constructions. Méthode pratique par le calcul et la statique graphique, par E. Aragon, ingénieur d'études de ponts et charpentes métalliques.
Tome I^er^. 12 × 18 de 602 p. avec 387 fig..... 15 fr.
Tome II. 12 × 18 de 752 p. avec 370 fig..... 15 fr.
Tome III. 12 × 18 de 568 pages, avec 249 fig..... 12 fr.

Tracé et Terrassements, par P. Frick, ingénieur des constructions civiles, et J.-L. Canaud, conducteur des Ponts et Chaussées, chef de section.. 15 fr.

Fouilles et Fondations : A l'air libre. — Sous l'eau. — A l'air comprimé. — Tunnels, par Frick, ingénieur des constructions civiles..... 12 fr.

Droit civil (voir p. LVIII), par Louis Martin, avocat, professeur libre de droit..... 8 fr.

Droit administratif : Droit constitutionnel. — L'Etat. — Le département. — L'arrondissement. — La commune, par P. Touzac, licencié en droit, rédacteur au Ministère des Travaux publics..... 9 fr.

Droit commercial et Législation industrielle, par Louis Martin, professeur libre de droit, membre de la Chambre des Députés..... 10 fr.

Procédure civile et Droit pénal (voir p. LVIII), par Louis Martin. 8 fr.

Législation des eaux, par Courcelle, avocat, et Dardart, sous-ingénieur des Ponts et Chaussées en retraite..... 15 fr.

Organisation des services de Travaux publics : Ponts et Chaussées. — Mines. — Chemins de fer. —Services d'intérêt collectif. — Services auxiliaires, par E. Campredon, ingénieur..... 8 fr.

Comptabilité des Travaux publics et tenue des bureaux des services des Ponts et Chaussées, par Herbert, secrétaire-régisseur de l'Ecole nationale supérieure des Mines. Préface de L. Durand-Claye, inspecteur général des Ponts et Chaussées..... 12 fr.

Exécution des Travaux publics, étude législative et administrative, par Dardart, conducteur principal des Ponts et Chaussées..... 12 fr.

Rapports de service, par Dardart, sous-ingénieur des Ponts et Chaussées en retraite, et Dufour, commis principal des Ponts et Chaussées. — Et **Sténographie,** par Zryd, conducteur des Ponts et Chaussées.... 12 fr.

Rôle économique et social des voies de communication (voir page LVIII), par E. Campredon, ingénieur civil des Mines..... 10 fr.

Hygiène : Hygiène générale. — Milieux. — Alimentation. — Hygiène du corps. — Hygiène publique. — Hygiène industrielle et professionnelle. — Secours et premiers soins aux malades et aux blessés, par le D^r^ Noir, professeur des Ecoles d'Infirmières de Paris..... 7 fr. 50

Ponts et ouvrages en maçonnerie, par E. Aragon, ingénieur des arts et manufactures..... 15 fr.

Routes et chemins vicinaux : Construction et entretien, avec un appendice : le cheval et la voiture, par O. Roux, conducteur des P. et Ch. 12 fr.

Voie publique : Chaussées pavées en pierre, en empierrement, en asphalte, en bois, mixtes, diverses. — Trottoirs et contre-allées. — Travaux de viabilité. — Nettoiement, arrosement et enlèvement des neiges et glaces. — Pratique du service, par Georges LEFEBVRE, conducteur des Ponts et Chaussées, attaché au Service municipal de Paris..... 12 fr.

Distributions d'eau, par Georges DARIÈS, conducteur municipal.. 15 fr.

Assainissement des villes et égouts de Paris, par Paul WÉRY, conducteur municipal..... 18 fr.

Plantations d'alignement, promenades, parcs et jardins publics : par G. LEFEBVRE, conducteur municipal de Paris..... 11 fr.

Eclairage aux huiles végétale et minérale, au gaz, à l'électricité, à l'acétylène, par GALINE, ingénieur, et SAINT-PAUL, chef du service technique de l'éclairage de la première section de la Ville de Paris (2e édition).. 15 fr.

Ports maritimes, par C. de CORDEMOY, ingénieur. Tome I..... 15 fr.
Tome II..... 15 fr.

Zoologie appliquée en France et aux colonies, par J. PELLEGRIN et V. CAYLA..... 12 fr.

Construction et voie : Etudes. — Terrassements. — Ouvrages d'art. — Voie. — Gares et stations. — Entretien et surveillance, par SIROT, conducteur principal des P. et Ch., ancien chef de section aux ch. de fer de l'Etat. 12 fr. 50

Locomotive et matériel roulant : La locomotive : chaudière, mécanisme, véhicule, tender et locomotive-tender. — Principaux types de locomotives. — Description de quelques locomotives. — Les locomotives compound. — Voitures à voyageurs. — Wagons à marchandises. — Fourgons. — Véhicules spéciaux, par M. DEMOULIN, ingénieur..... 12 fr.

Exploitation technique des chemins de fer : Aménagement des gares. — Signaux. — Enclenchements. — Mouvement des trains. — Pratique du service, par M. L. GALINE, ingénieur des Arts et Manufactures, inspecteur à la Compagnie du Nord..... 16 fr.

Tramways et automobiles : Traction animale, mécanique et électrique. — Automobiles à pétrole, à vapeur, électriques, par AUCAMUS et GALINE, ingénieurs..... 12 fr.

Contrôle des chemins de fer et des tramways. Organisation. — Rôle et attributions des différents fonctionnaires. — Police. — Recrutement du personnel, par DE LA RUELLE, avocat, rédacteur au Ministère des Travaux publics. In-8° de 733 pages..... 12 fr.

Géologie et Minéralogie appliquées (voir p. LV), par Henri CHARPENTIER, ingénieur civil des Mines..... 12 fr.

Exploitation des mines (voir p. LVI), par COLOMER, ingénieur civil des Mines, 2e édition..... 9 fr.

Chaudières à vapeur (voir p. XXXVII), par J. DEJUST, ingénieur, répétiteur à l'Ecole Centrale..... 12 fr.

Machines à vapeur et machines thermiques diverses, par J. DEJUST, ingénieur, répétiteur à l'Ecole Centrale..... 15 fr.

Machines hydrauliques (voir p. XXXVII), par F. CHAUDY, ingénieur 10 fr.

Législation et Contrôle des Mines. — Régime légal de la propriété des mines, exploitation, contrôle, documents législatifs, par CUVILLIER, contrôleur principal des Mines. In-8° de 778 p..... 12 fr.

Législation et contrôle des appareils à vapeur : Dispositions pénales. — Règlements d'administration. — Statistique. — Contrôle, par T. CUVILLIER, contrôleur principal des Mines..... 8 fr.

Architecture : Eléments de construction et de décoration. — Composition des édifices. — Exécution des travaux, par A. HÉBBARD, architecte. 15 fr.

Charpente et Couverture : Assemblage des bois. — Outils. — Planchers, pans, escaliers et combles en bois. — Etais et échafaudages. — Assemblages, planchers, pans, poteaux, colonnes et escaliers en fer. — Combles métalliques. — Couvertures en tuiles, en ardoises, en verre, en zinc, en tôle, en plomb et en cuivre. — Chéneaux et gouttières, par ALDEBERT et AUCAMUS, ingénieurs..... 10 fr.

Menuiserie, serrurerie, plomberie, peinture et vitrerie : matériaux, outillage et technique, par E. AUCAMUS, ingénieur des Arts et Manufactures, sous-chef d'atelier à la Compagnie du Nord..... 10 fr.

Fumisterie, chauffage et ventilation : Construction, emploi et montage des divers appareils pour édifices privés et publics. — Calculs et projets, par E. AUCAMUS, ingénieur, chef d'atelier à la Compagnie du Nord..... 10 fr.

Devis et évaluations des travaux publics et des constructions civiles, par A. BONNAL, ingénieur civil, et E. DARDART, conducteur principal des Ponts et Chaussées. In-8° de 714 pages avec fig. Relié..... 15 fr.

Législation du bâtiment, par Louis COURCELLE, avocat, et J. LEMAITRE, licencié en droit. 996 pages, avec 184 figures..... 15 fr.

Agriculture : Météorologie et climatologie. — Géologie agricole. — Physiologie végétale. — Procédés et instruments. — Amendements et engrais. — Cultures diverses, par F. PRADÈS, ancien conducteur de l'Hydraulique agricole..... 9 fr.

Hydraulique agricole, par Paul LÉVY-SALVADOR, sous-chef du service technique de la direction de l'Hydraulique agricole.

Tome I : *Cours d'eau non navigables ni flottables :* Introduction. — Réglementation. — Entretien et amélioration des cours d'eau..... 12 fr.

Tome II : Généralités. — Canaux d'irrigations. — Prises d'eau — Ouvrages d'art. — Barrages et lacs-réservoirs. — Appareils élévatoires. — Canaux et rigoles d'arrosage. — Etude d'un réseau. — Utilisation des eaux. — Concession et administration des canaux d'irrigations. — Annexes. 15 fr.

Tome III : Assainissement et desséchements. — Colmatage. — Polders. — Drainage. — Utilisation des eaux d'égout..... 15 fr.

Les 3 volumes ensemble..... 38 fr.

Génie rural. — Constructions rurales et Machines agricoles, par J. PHILBERT, conducteur au Service de l'Assainissement de Paris, suivi de l'*Art du Géomètre rural*, par O. ROUX, conducteur faisant fonctions d'ingénieur des Ponts et Chaussées. In-8°, avec de nombreuses figures..... 10 fr.

Electricité. 1re partie : *Théorie et production* (voir p. XXXIV) par E. DACREMONT, conducteur des Ponts et Chaussées..... 12 fr.

Electricité. 2e partie : *Applications industrielles* (voir p. XXXIV, par E. DACREMONT..... 12 fr.

Photographie par F. Miron, ingénieur..... 9 fr.

Génie : Administration. — Fortification. — Destruction. — Ponts militaires. — Services annexes, par O. Roux, conducteur des Ponts et Chaussées..... 12 fr.

Comptabilité départementale, vicinale, communale et commerciale, par Dardart, sous-ingénieur des Ponts et Chaussées en retraite ; Bonnal, ingénieur civil, et Orrier, expert-comptable..... 12 fr.

Sciences et Arts militaires. *Organisation militaire. Tactique. Artillerie. Transports à la suite des armées. Droit militaire*, par E. Dardart, sous-ingénieur des ponts et chaussées, ancien officier d'administration du génie, et capitaine X, de l'infanterie coloniale..... 12 fr.

Procédés et matériaux de construction, par Debauve, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées. — Nouveau tirage. 4 vol. gr. in-8°, avec nombreuses fig. et 165 pl..... 100 fr.

T. I. — *Sondages, terrassements, dragages.* Gr. in-8° et atlas. 25 fr.
T. II. — *Fondations.* Gr. in-8° et atlas..... 35 fr.
T. III. — *Matériaux de construction.* Gr. in-8° et atlas..... 35 fr.
T. IV. — *Outillage et organisation des chantiers.* Grand in-8° et atlas..... 30 fr.

Commission des méthodes d'essai des matériaux de construction. Deuxième session :

T. I. — *Documents généraux.* 1 vol. in-4° de 86 p., avec fig.. 3 fr.
T. II. — *Rapports particuliers. Métaux.* 1 vol. in-4° de 351 pages, avec nombreuses figures et 46 planches hors texte..... 25 fr.
T. III. — *Rapports particuliers. Autres matériaux.* 1 vol. in-4° de 253 pages, avec nombreuses figures..... 17 fr.
Prix des trois volumes ensemble : 40 francs.

Guide du conducteur des Ponts et Chaussées et du contrôleur des Mines, théorie et application, par A. Debauve, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, 3e édition, augmentée d'un complément traitant les nouvelles matières exigées par le programme d'admission à l'emploi de conducteur des Ponts et Chaussées du 30 novembre 1900. 3 beaux volumes graud in-8° de 1.600 pages, avec figures et 15 planches..... 30 fr.
Le complément seul se vend séparément 10 francs.

Aide-mémoire des ingénieurs, des architectes, etc. par Claudel, ingénieur civil.

Partie théorique Introduction à la science de l'Ingénieur (7e éd.). — 1 vol. in-8° de 1.200 p., 725 fig. et 3 pl. Br., 15 fr. ; cart. ..... 17 fr.
Partie pratique Formules, tables, renseignements usuels (11e éd.). — 2 vol. in-8° de 2.300 p., avec fig. et pl..... 30 fr.

Cours de construction des ponts, professé à l'Ecole des Ponts et Chaussées par Ph. Croizette-Desnoyers, inspecteur général des Ponts et Chaussées. 2 beaux vol. in-4° de 1074 p. et 1 atlas in-folio de 45 pl. 80 fr.

Construction du pont Alexandre-III, par Résal et Alby, ingénieurs des Ponts et Chaussées. In-8° et atlas..... 25 fr.

Etudes sur les voûtes et viaducs, par L. Bonneau, ingénieur des ponts et chaussées. Grand in-8° 16 × 25 de VIII-192 pages, avec 50 figures. 10 fr.

L'Air comprimé et ses applications, par PERNOLET, ingénieur. 1 beau vol. in-8° avec 214 fig. et 6 gr. tableaux, relié..... 20 fr.

Monographie des grands travaux publics, par H. HERSENT, ingénieur civil, entrepreneur de travaux publics. 1 beau vol. gr. in-4° cartonné, accompagné de pl..... 60 fr.

Le détroit de Panama, documents relatifs à la solution parfaite du problème de Panama, par Ph. BUNAU-VARILLA. Gr. in-8° de 205 pages, avec fig. et pl..... 10 fr.

Ports de la capitale et de la Plata (République Argentine). In-4° de 450 p., avec fig. et 90 pl..... 40 fr.

Cours de mécanique appliquée aux constructions, par Ed. COLLIGNON, inspecteur général des P. et Ch., professeur à l'Ecole des P. et Ch.

1re partie : *Résistance des matériaux* (3e édit.). — 1 fort vol. in-8°, avec fig. et pl..... 13 fr.

2e partie : *Hydraulique* (2e édit.). — 1 fort vol. in-8°, avec figures et planches..... 13 fr.

Traité élémentaire et pratique de la résistance des matériaux *et de la stabilité des constructions civiles*, par Abel de VILLIERS DE L'ISLE-ADAM : avec une préface de M. Th. RICOUR, inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite. In-8° de 332 pages, avec fig. Br., 8 fr. 50 ; cart. 10 fr.

Cubature des terrasses et mouvement des terres, par B. SAINT-PAUL..... 4 fr. 50

Levés de plans à la stadia, par MOINOT, ingénieur civil, attaché aux études du réseau central de la Compagnie d'Orléans. 1 vol. gr. in-8°, relié..... 7 fr. 50

Construction et entretien des routes et chemins, par A. DEBAUVE, inspecteur général des Ponts et Chaussées. 2e édit. Gr. in-8° de 480 p., avec 187 fig. et 2 pl. Br., 18 fr. ; cart..... 19 fr. 50

La route moderne, par J. VINSONNEAU, ingénieur civil. In-8° de 164 pages avec figures..... 6 fr.

Aperçus historiques sur les voies de terre, par PONS, agent-voyer d'arrondissement. In-8° de 192 pages..... 6 fr.

Traité d'exploitation des chemins de fer, par A. FLAMACHE, A. HUBERTI et A. STÉVART, professeurs du cours de chemins de fer aux universités de Gand, Bruxelles et Liège.

T. I. — *Route. — Voie. — Appareils de la voie.* — 1 vol. gr. in-8° et 23 pl..... 20 fr.

T. II. — 1er fascicule. — *Signaux.* 1 vol. gr. in-8° et 17 pl... 15 fr.

T. II. — 2e fascicule. — *Stations.* 1 vol. gr. in-8° et 26 pl.... 15 fr.

T. III. — *Matériel de transport.* — 1 vol. gr. in-8° et 22 pl.. 20 fr.

T. IV. — *Locomotive. — Traction-freins.* 1 v. gr. in-8° av. 38 pl. 40 fr.

L'ouvrage complet, 100 fr. au lieu de..... 110 fr.

Guide du chef de district et du chef de section des chemins de fer, par Raoul MOREAU, ancien chef de district, conducteur des Ponts et Chaussées. In-8° avec figures..... 5 fr.

Manuel pratique du poseur de voies de chemins de fer, par SALIN, inspecteur de la voie au chemin de fer d'Orléans (4e éd.). — 1 vol. gr. in-18 avec pl. Br., 3 fr. 50 ; cart..... 4 fr. 25

Tables pour le tracé des courbes de chemins de fer, routes et canaux, par Gauxin, ancien chef de section principal de la Compagnie d'Orléans, édition de 1904, et **Recueil de coordonnées,** par Houdaille, inspecteur de la voie de la Compagnie d'Orléans, et Bernard, ancien chef de section à la Compagnie de l'Est. In-8°, cartonné..... 12 fr.

Monographies des grands réseaux de chemins de fer français, par H. Lambert. Précis historiques, statistiques et financiers, avec graphiques, cartes en 1851, 1870 et 1905 et situations économiques décennales.

I. *Réseau de l'Est.* In-8°..... 3 fr.
II. *Réseau du Nord.* In-8°..... 4 fr.

Des eaux comme moyen de transport, navigation fluviale et maritime, par A. Debauve, inspecteur général des Ponts et Chaussées.

1re *partie : Rivières.* In-8° et atlas de 26 pl..... 16 fr.
2e *partie : Canaux.* In-8° et atlas de 32 pl..... 18 fr.
3e *partie : Ports maritimes.* In-8° et atlas de 71 pl..... 26 fr.
Les trois parties ensemble. In-8° de 800 p. et atlas de 129 pl... 55 fr.

Le Canal de Suez, par Voisin-Bey, Inspecteur général des Ponts et Chaussées en retraite, ancien Directeur général des travaux de construction du Canal. — 7 volumes in-8° 15 × 24, ensemble de 2.700 pages et 1 atlas in-4° 24 × 32 avec 40 grandes planches..... 90 fr.

Historique administratif et actes constitutifs de la Compagnie. Description des travaux de premier établissement. Projets. Dispositions adoptées. Exécution des travaux.

Distributions d'eau. Assainissement des villes, par A. Debauve, inspecteur général des Ponts et Chaussées, et le Dr Ed. Imbeaux, ingénieur des Ponts et Chaussées, directeur du service municipal de Nancy. 3 vol. In-8° 17 × 29 avec nombreuses figures et un atlas in-4° 25 × 31 de 72 pl..... 75 fr.

Assainissement des villes par l'eau, les égouts, les irrigations, par Mille, inspecteur général des Ponts et Chaussées. 1 vol. gr. in-8° avec planches coloriées..... 25 fr.

Les grandes eaux de Versailles, installations mécaniques et étangs artificiels, description des fontaines, par L. A. Barret. In-4° de 358 pages, avec 312 fig..... 25 fr.

Traité d'architecture, par Léonce Reynaud, ancien professeur d'architecture à l'Ecole polytechnique. 4e édit., nouv. tirage, 2 b. vol. in-4° de texte, accompagnés de 2 atlas in-folio de 179 pl. magnifiquement gravées. 165 fr.

La 1re partie. — *Art de bâtir*..... 75 fr.
La 2e partie. — *Composition des édifices*..... 90 fr.

T. I. — Etude des matériaux. Formules de résistance. Constructions en pierre : fondations, murs, colonnes de différents ordres, pilastres, cariatides, arcades, portes et fenêtres, soubassements, attiques, corniches, frontons, balustrades, plafonds, voûtes, escaliers, parements et couvertures. Charpente. Menuiserie. Constructions en fer.

T. II. — Esthétique. Histoire. Conditions actuelles des édifices. Principes généraux de la composition. Principales parties des monuments : églises, monuments honorifiques, édifices d'utilité publique, théâtres, habitations, etc.

Petites constructions françaises. — Par un Comité d'architectes. 4 vol. contenant 400 pl. en couleur..... 120 fr.

Cet ouvrage s'adresse plus spécialement aux constructeurs et entrepreneurs.

Il leur fournit tous renseignements nécessaires à la construction et à l'exécution du travail, et à l'établissement des prix de revient.

Chacune des planches présente les façades, plans, coupes et tous détails d'exécution nécessaires tirés en couleur, et, de plus, un devis descriptif et un devis estimatif détaillés.

Le recueil contient uniquement des constructions d'un usage courant.

Habitations à bon marché. *Eléments de construction moderne*, par FRANCHE, ingénieur-architecte. In-16 13 × 20 de 520 p., avec 614 figures. Br., 9 fr.; cart..... 10 fr. 25

Considérations historiques et sociales. Monographies d'habitations. Législation. Eléments de la construction. Construction. Emploi des matériaux.

Les Abattoirs publics, en deux volumes :

I. *Construction et agencement*, par DE LOVERDO, inspecteur sanitaire, licencié ès sciences, chargé de missions officielles à l'Etranger. In-8° 16 × 26 de 910 p., 375 fig. Br. 27 fr. 50; cart..... 29 fr. 50

II. *Inspection et administration. Installation des marchés aux bestiaux*, par MARTEL, chef du service sanitaire vétérinaire de Paris, DE LOVERDO et MALLET, directeur de l'Abattoir d'Angers. In-8° 16 × 26 de 646 p., 110 fig. et 8 pl. en couleurs. Br. 22 fr. 50; cart. 24 fr. 50

Sanatoriums et Hôpitaux. L'aménagement des établissements publics : Application aux sanatoriums et hôpitaux, par TURIN, ing. des Arts et Manufactures, inspecteur des travaux techniques de l'Assistance publique. In-8° 15 × 24 de 216 p., 92 fig..... 7 fr. 50

Pratique de l'art de construire. Maçonnerie et terrassements, charpente, couverture et autres travaux de bâtiment. — Matériaux. Calculs de résistance. — Estimation des travaux, par J. CLAUDEL, ingénieur civil, et LAROQUE, entrepreneur de travaux. 6e éd. refondue et augmentée par L.-A. BARRÉ, ingénieur civil, professeur à l'Association polytechnique. In-8° de 1.108 p. avec 1.028 fig. Br., 18 fr.; cart..... 19 fr. 50

Cours de stabilité des constructions, par A. VIERENDEEL, professeur à l'Université de Louvain. 7 vol. in-8°, avec fig. et pl. Ensemble. 72 fr. »

Tome I. — Résistance des matériaux..... 20 fr »

Tome II. — Ponts métalliques droits à une travée..... 12 fr. 50

Tome III. — Ponts continus, ponts tournants..... 9 fr. »

Tome IV. — Charpentes articulées..... 3 fr. 75

Tome V. — Pièces courbes et polygonales, ponts suspendus rigides, poutres rigides..... 12 fr. 50

Tome VI. — Maçonneries, fondations, béton armé..... 16 fr. »

Tome VII. — Piles métalliques, ponts suspendus, assemblages par rivets, fer soudé, fer fondu ou fer homogène, acier doux, plaques planes et embouties, chaudières, bois..... 9 fr. »

La Construction. Principes et applications, par P. COMBAZ, officier du génie, professeur à l'Académie des beaux-arts de Bruxelles.

T. I. — *Connaissance des matériaux.* In-8° 18 × 27 de 453 pages, avec 254 figures.

T. II. — *Résistance des matériaux.* In-8° 18 × 27 de 490 pages, avec 270 figures.

T. III. — *Terrassements, fondations, maçonneries, ciment armé.* In-8° 18 × 27 de 317 pages, avec 437 figures.

T. IV. — *Charpentes en bois et menuiserie. Couverture. Escaliers.* In-8° 18 × 27 de 222 pages et 373 figures.

T. V. — *Construction en fer, serrurerie, peinture*, etc.

Prix de l'ouvrage complet : 70 francs.

Construction architecturale en fonte, fer et acier, par A. Vierendeel, ingénieur en chef du Service technique de la Flandre occidentale, professeur à l'Université de Louvain. In-8° 19× 28 de IX-879 p., avec 226 fig. et 1 atlas de 138 planches in-folio en carton..... 200 fr.

La Construction en ciment armé. — Théories et systèmes divers. Applications générales, par MM. C. Berger, architecte, et Guillerme, ingénieur, préface de E. Candlot. Grand in-8° de 894 pages, avec 486 figures et 1 atlas de 49 planches in-4°..... 40 fr.

Commission du ciment armé, expériences, rapports et propositions, instructions ministérielles relatives à l'emploi du béton armé. In-4° de 482 pages, avec fig. et pl..... 27 fr. 50

Méthode de calcul du béton armé, avec barèmes pour en déterminer les dimensions, par A. Nivet, ingénieur E. C. P. Grand In-8° 16 × 25 de 168 pages, avec 28 figures et tableaux. Broché, 7 fr. ; cartonné..... 8 fr. 25

Traité de l'art de la charpenterie, par Emy, colonel du génie (2e édit., revue et augmentée par L. A. Barré, ingénieur civil). 3 beaux vol. in-4° et atlas in-folio de 187 pl. cartonné..... 125 fr.

Etude des progrès de l'art de la charpenterie. Applications du bois. Charpenterie métallique. Tableaux de résistance des supports en bois, en fonte de fer. Assemblages métalliques et leurs combinaisons.

Les Grands Barèmes de la Construction métallique, par R. Cros, ingénieur-constructeur et entrepreneur de travaux.

1re série. — Barèmes généraux : Flexion, compression, traction, torsion, poids des matériaux. In-4° oblong avec figures..... 35 fr.

2e série. — Poutres en treillis et à âme pleine. In-4° oblong avec figures..... 35 fr.

3e série. — Charpentes. 3 vol. oblongs 28 × 22 d'environ 1.700 pages et plus de 2.000 figures. Reliés..... 100 fr.

Manuel pratique du charpentier en fer, à l'usage des constructeurs, contrôleurs, chefs d'ateliers et des élèves des écoles spéciales, par L. Delaloe, ingénieur civil. 2e édition. Grand in-8° avec fig. et pl.. 6 fr.

Calcul et construction des coupoles métalliques réticulaires. par P.-H. Brunelli..... 10 fr.

Traité spécial de la coupe des pierres, par Douliot, professeur de construction. 2e édition revue et augmentée par Claudel, Barré et Jay ; ouvrage composé spécialement pour les ouvriers et ceux qui les conduisent. 1 vol. in-4° et 1 atlas..... 30 fr.

Album du cours de stéréotomie (*charpente et coupe de pierres*) professé à l'Ecole centrale des Arts et Manufactures, par G. Lévi. Atlas de 34 planches in-folio 50 × 32, dans un carton..... 9 fr.

Nouveau Vignole des menuisiers, par Coulon, ancien menuisier, professeur de dessin. 1 vol. in-4° et atlas de 84 pl..... 20 fr.

Le chauffage des habitations, par G. Debesson, ingénieur civil. Grand in-8° 16 × 25 de xvi-660 pages, avec 711 figures. Broché, 25 fr.; cartonné..... 26 fr. 50

Cours de calcul différentiel et intégral, par Paul Haag, ingénieur en chef des P. et Ch., professeur à l'Ecole des P. et Ch., répétiteur à l'Ecole polytechnique. 1 vol. in-8° de 600 pages, broché..... 12 fr.

Cours d'analyse de l'Ecole préparatoire à l'externat de l'Ecole des Ponts et Chaussées, par Ed. Collignon, professeur à l'Ecole des Ponts et Chaussées. Le cours et le complément, 2 vol. in-8° avec fig..... 20 fr.

Éléments d'analyse à l'usage des conducteurs des Ponts et Chaussées aspirant au grade d'ingénieur, par Lacaze, ingénieur des Ponts et Chaussées, ancien conducteur. 1 vol. in-8° avec 8 pl..... 12 fr.

5° GÉOLOGIE, MINÉRALOGIE, MINES ET MÉTALLURGIE.

Annales des Mines. — Abonnement annuel :
Paris, 20 fr. — Départements, 24 fr. — Etranger, 28 fr.

Agenda Dunod : *Mines et métallurgie*..... 2 fr. 50

Recherches minières. — Travaux de surface, sondages. — Géologie. — Minéralogie. — Analyses. — Evaluation, par Colomer, ingénieur civil des Mines. 2e édit. In-8° avec fig..... 8 fr. 50

Etudes synthétiques de géologie expérimentale, par Daubrée, membre de l'Institut, ancien directeur de l'Ecole nationale supérieure des Mines. 1 fort vol. gr. in-8°, avec nombreuses fig. et pl. ..... 37 fr. 50

Les Eaux souterraines aux époques anciennes et actuelles, par Daubrée, de l'Institut. 3 forts vol. in-8°, avec nombreuses fig. et pl..... 50 fr.

Etudes sur les sources, par L. Pochet, inspecteur général des Ponts et Chaussées. In-4° de 528 pages, avec fig. et atlas de lxxxi pl... 27 fr. 50

Exploitation du pétrole, par L.-C. Tassart, ingénieur des Arts et Manufactures. Grand in-8° de 726 pages, avec 310 figures et 17 planches. Broché, 35 fr.; cartonné..... 37 fr.

Traité des gîtes métallifères, par Von Groddek, traduit de l'allemand par Kuss, ingénieur des Mines. In-8°, avec 108 fig..... 15 fr.

Les Pyrites; pyrites de fer, pyrites de cuivre, par P. Truchot, ingénieur. In-8° de viii-348 p., avec 77 fig. et 1 carte. Br., 9 fr.; cart. 10 fr. 50

Géologie et minéralogie appliquées. — Les minéraux utiles et leurs gisements, par Henri Charpentier, ingénieur civil des Mines. 1 vol. gr. in-16 de 643 p., avec 115 fig. Reliure en mouton souple..... 12 fr.

Cours d'exploitation des mines, par M. Haton de La Goupillière, inspecteur général des Mines, membre de l'Institut, directeur de l'Ecole

nationale supérieure des Mines. 3e édit., revue et considérablement augmentée, par M. Bès de Berc, ingénieur des Mines.

Prix de souscription à l'ouvrage complet, qui formera trois volumes. 90 fr.

Tome I (paru). — Recherches de mines. Abatage. Puits et galeries. In-8° de 1.020 pages avec 663 figures.

Tome II (paru). — Méthodes d'exploitation. Roulage, extraction. In-8° de 1.400 pages, avec 731 fig.

Le Tome III, sous presse, comprendra : Epuisement. Aérage. Préparation mécanique.

Exploitation des mines. — Généralités. — Mines en exploitation. — Extraction du minerai. — Services généraux d'une exploitation, par Colomer, ingénieur civil des Mines. Gr. in-16 avec fig. Reliure en mouton souple. 9 fr.

Préparation mécanique des minerais, par C. Ratel, ingénieur des Arts et Manufactures. Grand in-8° 16 × 25 de 574 pages, avec 190 figures et 11 planches. Broché, 22 fr. 50 ; cartonné..... 24 fr.

Traité général de l'emploi de l'électricité dans l'industrie minière, par Lapostolet, ingénieur en chef des services du jour des mines de Carmaux, ancien ingénieur du service électrique de la Société alsacienne de Constructions mécaniques. In-8° 16 × 26 de 306 p., avec 67 fig. 7 fr. 50

Analyses nécessaires au chimiste-métallurgiste, suivies d'une méthode générale d'analyse qualitative et d'une étude des travaux pratiques effectués dans un laboratoire, par Joseph Cadet, ingénieur des Arts et Manufactures, et Georges Rodicq, chimiste-métallurgiste..... 8 fr.

Album de 127 planches lithographiées concernant la fabrication de la fonte. — Hauts fourneaux et accessoires, chaudières. Machines et appareils divers, par Pavloff, prof. à l'Ecole sup. des Mines d'Ekaterinoslav. Légende en français, anglais et russe. In-folio 34×26. 25 fr.

Les Aciers spéciaux, par L. Guillet, docteur ès sciences, ingénieur, avec une préface de H. Le Chatelier, ingénieur en chef des Mines.

Tome I. — *Aciers au nickel; au manganèse; au silicium.* In-4° 22 × 28 de 100 pages, avec 28 figures..... 10 fr.

Tome II. — *Aciers au chrome; au tungstène; au molybdène; à l'étain; au titane; au vanadium; à l'aluminium; au cobalt.* In-4° 22 × 28 de 133 pages, avec 170 figures..... 10 fr.

Contribution à l'étude de la fragilité dans les fers et aciers. In-4° de xvi-482 pages, avec fig..... 20 fr.

Recherches physiques et physico-chimiques sur l'acier au carbone, par Carl Benedicks. In-8° 16 × 27 de 230 pages, avec 41 figures et 13 planches de photogrammes..... 12 fr. 50

Les Alliages métalliques, par L. Guillet, docteur ès sciences, ing. des Arts et Manuf., lauréat de la Société des ingénieurs civils de France.

I. *Etude théorique.* In-8° 16 × 25 de 240 p. avec 117 fig. Br. 7 fr. 50 ; cart..... 9 fr.

II. *Etude industrielle.* In-8° 16 × 25 de 1.180 p., 210 fig. et 1 atlas 16 × 25 de 102 planches reproduisant 403 micrographies. Br. 40 fr. ; cart..... 43 fr. 50

Fabrication du fer-blanc, par M. Georgeot, métallurgiste. 2e édition. In-8° de 92 pages, avec 19 fig..... 2 fr. 50

Les richesses minérales de la Nouvelle-Calédonie, par E. Glasser, ingénieur des Mines. In-8° 16 × 26 de 560 p. et 6 planches..... 10 fr.

Les richesses minérales de l'Algérie et de la Tunisie, par P. Chalon, ingénieur. In-8° de 100 pages, avec carte..... 4 fr. 50

Or et cuivre en Serbie orientale, par D. Iovanovitch. In-4° de 220 pages, avec fig. et carte..... 10 fr.

Les Plaques de blindage. — Emploi des métaux. — Essais, par L. Baclé..... 10 fr.

L'Industrie aurifère. L'or. Extraction. Minerais. Filons. Traitement. Monographies d'installations. Production, par D. Levat ingénieur civil des Mines, membre du Comité supérieur des colonies. In-8° 16 × 25 de 916 p., avec 283 fig. et pl. Br., 30 fr.; cart..... 32 fr.

Exploitation et traitement des minerais aurifères, par Cumenge et Fuchs, ingénieurs en chef des Mines. 1 vol. gr. in-8°, avec pl. 12 fr. 50

Traitement des minerais auro-argentifères, par Cumenge et Fuchs, ingénieurs en chef des Mines. 1 vol. in-8°, avec pl..... 17 fr. 50

Guide pratique pour la recherche et l'exploitation de l'or en Guyane française, avec le texte des décrets régissant les placers, par E.-D. Levat, ingénieur civil des Mines, chargé de mission en Guyane. Honoré d'une souscription du Ministère des Colonies. Gr. in-8°, avec 6 pl.... 9 fr.

L'Or dans la nature : Minéralogie. — Géologie. — Principaux gîtes aurifères. — Statistique. par E. Cumenge, ing. en chef honoraire des Mines, et F. Robellaz, ing. civil des Mines. Gr. in-8° avec fig. et 13 pl.... 10 fr.

Manuel du géomètre souterrain, par Sarran, garde-mines. 1 vol. in-8° et 1 atlas..... 9 fr.

Nouvelles tables de sinus naturels pour le levé des plans de mines, par Thormann et Sarran. 1 vol. gr. in-8°, cartonné..... 6 fr.

6° ADMINISTRATION ET LÉGISLATION.

Les Travaux publics et les ingénieurs des Ponts et Chaussées depuis le XVI^e^ siècle jusqu'à nos jours. Ouvrage historique et administratif, orné de 30 beaux portraits, par A. Debauve. 1 vol. gr. in-8°..... 12 fr.

Dictionnaire administratif des travaux publics, par A. Debauve, inspecteur général des Ponts et Chaussées, 3^e^ édit., augmentée d'un supplément. 4 vol. gr. in-8°..... 60 fr.

Les 3 premiers volumes sont ceux de la 2^e^ éd., et renferment, par ordre alphabétique, tous les documents administratifs publiés avant 1892.

Le 4^e^ volume, renfermant les documents de 1892 *à* 1903, *forme le supplément de cette édition, et se vend séparément*..... 10 fr.

Chemins de fer exécutés par l'Etat. — Guide pratique des expropriations avec la manière de dresser et présenter les diverses pièces de la procédure, par Lazerges, conducteur des P. et Ch., chef du service des expropriations des chemins de fer de l'Etat à Toulouse. 1 vol. in-8°. 15 fr.

Les Industries insalubres, établissements classés, par F. Coreil, directeur du bureau municipal d'hygiène de Toulon,et L. Nicolas, chef de bureau à la préfecture du Var. In-8° de 778 pages..... 15 fr.

Législation minière et Contrôle des Mines, par T. Cuvillier, contrôleur principal des Mines. In-8° de 788 pages..... 12 fr.

Du choix d'une carrière industrielle, par Paul Blancarnoux, ingénieur-publiciste, avec une préface de Paul Adam. In-8° 14 × 23 de 377 p. Br., 7 fr. 50 ; cart..... 9 fr.

Droit civil. — Notions générales. — Des personnes. — Des biens. — Des différentes manières dont on acquiert la propriété, par Louis Martin, professeur libre de droit, membre de la Chambre des Députés..... 8 fr.

Droit commercial et Législation industrielle, par Louis Martin, professeur libre de droit, membre de la Chambre des Députés..... 10 fr.

Droit administratif général, par Paul Touzac, licencié en droit, rédacteur au Ministère des Travaux publics..... 9 fr.

Procédure civile et Droit pénal. — Organisation judiciaire. — Procédure devant les tribunaux. — Procédures diverses. — Code pénal et Code d'instruction criminelle, par M. Louis Martin, professeur libre de droit, membre de la Chambre des Députés..... 8 fr.

Exécution des Travaux publics. — Etude législative et administrative, par Dardart, conducteur principal des Ponts et Chaussées..... 12 fr.

Organisation des services de Travaux publics en France. — Services des Ponts et Chaussées, des Mines, des Chemins de fer. — Services d'intérêt collectif. — Services auxiliaires, par E. Campredon, ingénieur civil des Mines..... 8 fr.

Comptabilité des Travaux publics et tenue des bureaux des services des Ponts et Chaussées, par Herbert, secrétaire-régisseur de l'Ecole nationale supérieure des Mines..... 12 fr.

Rôle économique et social des voies de communication. — Routes. — Voies ferrées. — Voies navigables. — Voies maritimes. — Voies électriques, par M. E. Campredon, ingénieur civil des Mines, inspecteur départemental du travail dans l'industrie..... 10 fr.

Législation et contrôle des appareils à vapeur, par T. Cuvillier, contrôleur principal des Mines..... 8 fr.

L'Automobile devant la justice. — Accidents. Responsabilités. Procès. Difficultés diverses, par J. Imbrecq, avocat à la Cour de Paris, avec une préface de Baudry de Saunier. In-8° 14 × 23 de XIII-179 p..... 5 fr.

Les Litiges de l'Automobile. *Conseils et jurisprudence*, par Imbrecq. et Périssé, ingénieur-expert, secrétaire technique de l'Automobile-Club de France. In-8° 14 × 22 de 270 pages. Br., 6 fr. ; cart..... 7 fr. 50

Le code du chauffeur, recueil, commentaire et critique des lois intéressant les constructeurs, propriétaires et conducteurs d'automobiles, par J. Imbrecq, avocat. In-8° de 500 pages. Relié..... 7 fr. 50

REVUE GÉNÉRALE

DES CHEMINS DE FER
ET DES TRAMWAYS

MÉMOIRES ET DOCUMENTS

CONCERNANT

L'ÉTABLISSEMENT, LA CONSTRUCTION ET L'EXPLOITATION TECHNIQUE ET COMMERCIALE DES VOIES FERRÉES

PUBLIÉE SOUS LE PATRONAGE ET AVEC LA COLLABORATION D'UN COMITÉ DE RÉDACTION COMPOSÉ DE MM.

Baudry. — Brière. — Geoffroy. — Heurteau. — de Larminat. Moffre. — Monmerqué. — Renault. — Salomon. — Sartiaux. R. Godfernaux, secrétaire.

La *Revue Générale des Chemins de Fer et des Tramways* compte, depuis le 1er juillet 1908, trente années d'existence.

Fondée le 1er juillet 1878, elle paraît mensuellement, depuis cette époque, et l'ensemble de cette publication, qui comprend actuellement cinquante-neuf volumes grand in-4° de plus de 400 pages chacun, avec figures dans le texte et nombreuses planches, forme une source de renseignements précieux, **une véritable encyclopédie technique des voies ferrées.**

En créant la *Revue générale*, le but des membres fondateurs était de réunir et de centraliser les documents spéciaux relatifs à l'industrie des chemins de fer, documents qui, pour la plupart, étaient disséminés dans diverses publications françaises et étrangères, et de tenir ainsi les ingénieurs et les agents des différents services des voies ferrées au courant des faits les plus intéressants de la grande industrie des transports.

Fidèle à son programme, la *Revue* a publié depuis sa fondation des travaux techniques du plus haut intérêt sur la construction des chemins de fer, leur entretien, l'établissement du matériel fixe et roulant, etc., et des études économiques et financières ainsi que des renseignements nombreux se rapportant à l'exploitation technique et commerciale ; enfin une large part a été aussi réservée à la jurisprudence, aux lois, décrets et documents officiels ayant trait aux chemins de fer et aux tramways.

PRIX DE L'ABONNEMENT ANNUEL

France..... **25** fr. | Etranger..... **28** fr.
Prix de la 1/2 année 1878..... **13** fr. **50**
Prix de chaque année, 1879 à 1908..... **25** fr.
Prix de chaque semestre, séparément..... **13** fr. **50**

En outre, il existe une table générale des matières de 1878 à 1900.. **3** fr.

Des facilités de paiement ou une réduction au comptant sont faites pour l'acquisition de cette collection, qui a sa place marquée dans la bibliothèque de toutes les personnes qui s'intéressent à l'industrie des chemins de fer et des tramways.

Une livraison spécimen est adressée sur demande contre 0 *fr.* 50 *(frais d'envoi).*

L'ÉLECTRICIEN

REVUE INTERNATIONALE DE L'ÉLECTRICITÉ
ET DE SES APPLICATIONS

Paraissant tous les Samedis

RÉDACTEUR EN CHEF : **J.-A. MONTPELLIER**

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION : **Georges DARY**

L'Électricien (*Deuxième Série*), le plus ancien des journaux français d'Electricité, paraît tous les samedis depuis le 1er janvier 1891, par fascicules de 16 pages, in-8° colombier, avec nombreuses figures, et forme chaque année deux beaux volumes grand in-8°. De plus chaque numéro se trouve augmenté de 16 pages supplémentaires qui, sous la rubrique de *Gazette de l'Électricien*, contiennent de nombreux renseignements utiles, la liste des échos et nouvelles, la liste des brevets d'invention accordés, livres d'électricité nouvellement parus, etc., etc.

L'Électricien est le plus complet et le mieux informé des journaux français d'Electricité.

Les ingénieurs, les chefs d'usine, les amateurs, les gens du monde et les personnes intéressées de près ou de loin à suivre les progrès journaliers de l'Electricité et de ses applications, liront avec le plus grand profi les études sérieuses et pratiques qui y sont publiées (exposé des théories nouvelles, description des appareils et de leur fonctionnement, monographie des grandes installations projetées ou exécutées), avec résultats et chiffres à l'appui.

Envoi d'un numéro spécimen contre 0 fr. 15

L'Electricien, imprimé sur beau papier et illustré de nombreuses gravures très soignées, est aujourd'hui la plus répandue des publications de ce genre.

LES TRAVAUX PUBLICS

REVUE MENSUELLE TECHNIQUE

DE

l'Association des Personnels de Travaux publics

Abonnement annuel : France, 10 fr.; Étranger, 12 fr.
La livraison : 1 fr.

Envoi d'un numéro spécimen contre 0 fr. 15

RÉDACTEUR EN CHEF :

Lanave, ✠, ingénieur à la Société du chemin de fer souterrain Nord-Sud.

SECRÉTAIRE DE LA RÉDACTION :

Mouton, ✠ A., Conducteur des Ponts et Chaussées.

La Vie Automobile

Revue hebdomadaire illustrée

Abonnements annuels : 20 fr. pour la France ; 25 fr. pour l'Étranger ; le numéro, 0 fr. 50

La Vie Automobile est justement appréciée par tous les chauffeurs, car c'est la revue la plus pratique et la mieux documentée, la plus lue.

Par l'indépendance, la qualité, et le nombre de ses rédacteurs, elle seule présente toutes les garanties d'une vulgarisation scientifique exacte, tout en restant à la portée de tout le monde.

POL RAVIGNEAUX

Ancien élève de l'Ecole polytechnique, Rédacteur en Chef.

LISTE DES PRINCIPAUX COLLABORATEURS

Archdeacon, Daniel Bellet, Dr Bommier, Carlo Bourlet, G. Claude, Georges Dary, Lieutenant-Colonel Espitallier, Faroux, Favron, Forest, Gatoux, Yves Guedon, L. Guillet, J. Izart, Kistemaeckers, Laville, G.-A. Le Roy, Lhomer, Marchis, Baron de Mauni, Monier, Montpellier, Max de Nansouty, Lucien Périsse, M. Poincet, Édouard Pontie, Max Ringelmann, Sainturat, Salomon, Souvestre, Taris, de Valbreuze.

Envoi d'une livraison spécimen contre 0 fr. 15

LA TECHNIQUE AUTOMOBILE

Supplément Mensuel Illustré de

"LA VIE AUTOMOBILE"

SEULE REVUE traitant spécialement des questions automobiles au point de vue scientifique

Rédacteur en chef : **Pol RAVIGNEAUX**
ancien élève de l'École polytechnique

Abonnement annuel : FRANCE : **10** *fr. — ÉTRANGER :* **12** *fr.*
Prix spécial pour les abonnés de **La Vie Automobile : 5** francs

Prix du Numéro : 1 franc

Envoi d'une livraison spécimen contre **0** *fr.* **15**

LE POIDS LOURD

Revue mensuelle de la locomotion industrielle automobile et des transports en commun

Pierre SOUVESTRE, Directeur

Ch. FAROUX, Rédacteur en chef

Abonnement annuel : France, 15 fr. — Étranger, 18 fr.
Le numéro, 1 fr. 50

Envoi d'une livraison spécimen contre **0** *fr.* **25**

BIBLIOTHÈQUE DU CONDUC

PROGRAMME ET PRIX DES

GÉNÉ

1	**Mathématiques** (2e éd.)	12	
2	**Mécanique, hydraulique et thermodynamique** (2e éd.).....	15	»
3	**Chimie et Physique.**	12	»
4	**Résistance des matériaux.** T. I.....	15	»
5	**Id.** T. II	15	»
5 *bis*	**Id.** T. III.....	12	»
6	**Topographie :** 1er vol. : **Instruments** .	12	»
7	**Id.** 2e vol.: **Méthodes.**	15	»
8	Travaux graphiques	12	»
9	**Maçonneries**.....	10	»
10	**Bois et métaux**.....	8	»
11	**Tracé et Terrassements**.....	15	»
12	**Fouilles et fondations**	12	»
13	**Droit civil**.....	8	»
14	**Droit administratif général**.....	9	»

SPÉCIA

Section I. — Chaussées et Ponts

25	**Ponts et ouvrages en maçonnerie**....	15	»
26	Ponts en bois et en métal.	15	»
27	**Routes et chemins vicinaux**.....	12	»
28	*Droit administratif. De la voirie*	12	»
	Total.....	54	»

4 volumes — En souscription. **49** fr.

Section II. — Service municipal

29	**Voie publique**.....	12	»
30	**Distribution d'eau**..	15	»
31	**Egouts. — Assainissement**.....	18	»
32	**Plantations, jardins et promenades**...	11	»
33	**Éclairage** (2e éd.).....	15	»
	Total	71	»

6 volumes. —En souscription. **64** fr.

Section III. — Navigation

35	Fleuves et rivières navigables.....	12	»
36	Canaux et rivières canalisées.	12	»
37	**Ports maritimes.** T. I.	15	»
38	**Id.** T. II	15	»
39	Exploitation des ports.....	9	»
40	**Zoologie appliquée.**	12	»
41	**Législat. des Eaux.**	15	»
	Total.....	90	»

7 volumes. — En souscription. **81** fr.

Section IV. — Chemins de fer et Tramways

42	**Construction et voie.**	12	50
43	**Locomotive et matériel roulant**	12	»
44	**Exploitation technique**.....	16	»
45	Exploitation commerciale...	8	»
46	**Tramways et automobiles**.....	12	»
47	*Législation des chemins de fer et tramways*....	9	»
48	**Contrôle des chemins de fer**.....	12	»
	Total.....	81	50

7 volumes. — En souscription. **74** fr.

Section V. — Mines. — Machines

49	**Géologie et minéralogie appliquées**	12	»
50	**Exploitation des Mines**	9	»
51	**Chaudières à vapeur**	12	»
52	**Machines à vapeur**	15	»
53	**Machines hydrauliques**	10	»

La Table des matières de chacun des 62 volumes parus est
peut être payé en deux fois : la moitié, un mois après la réception du
Souscription à la collection entière au prix de 590 francs,
Une souscription à 10 volumes donne droit à une réduction de
Ces souscriptions peuvent être payées à raison de 10 francs par

TEUR DE TRAVAUX PUBLICS

VOLUMES PARUS ET A PARAITRE

RALITÉS

15 *Economie politique, statistique* ..... 15 »
16 **Droit commercial et industriel** ..... 10 »
17 **Procédure civile et droit pénal** ..... 8 »
18 **Exécution des travaux publics** ..... 12 »
19 **Organisation des services de travaux publics** ..... 8 »
20 **Comptabilité des travaux publics** ... 12 »
21 **Comptabilité départementale, vicinale, communale et commerciale** .... 12 »
22 **Rôle économique et social des voies de communication** 10 »
23 **Rapports de service.** 12 »
24 **Hygiène** 7 50

LITÉS

54 **Législation et contrôle des mines** .... 12 »
55 **Législation et contrôle des appareils à vapeur** ..... 8 »
Total ..... 78 »
7 volumes. — En souscription. 71 fr.

Section VI. — Constructions civiles administratives et militaires

56 **Architecture** ..... 15 »
57 **Charpente et couverture** ..... 10 »
58 **Menuiserie, serrurerie, plomberie, peinture, vitrerie.** 10 »
59 **Fumisterie, chauffage et ventilation.** 10 »
60 **Devis et évaluations** ..... 15 »
61 Édifices publics pour villes et villages ..... 15 »
62 **Législation du bâtiment** ..... 15 »
Total ..... 90 »
7 volumes. — En souscription. 81 fr.

Section VII. — Agriculture

63 **Agriculture** .. .. 9 »
64 **Hydraulique agricole, 1re et 2e part.** 12 »
65 **Id. 3e partie** ..... 15 »
66 **Id. 4e à 8e parties.** 15 »
67 **Génie rural** ..... 10 »
68 *Code rural* ..... 8 »
Total ..... 69 »
6 volumes. — En souscription. 63 fr.

Section VIII. — Électricité Photographie

69 **Théorie et production de l'électricité** 12
70 **Applications industrielles de l'électricité** ..... 12 »
71 **Photographie. — Reproduction des dessins** ..... 9 »
Total ..... 33 »
3 volumes. — Ensemble. 30 fr.

Section IX. — Sciences militaires

72 **Génie** ..... 12 »
73 **Sciences et arts militaires** ..... 12 »
Total ..... 24 »
2 volumes. — En souscription. 22 fr.

Les volumes indiqués en gros caractères sont parus, et tous les autres sont à l'impression ou en préparation.

envoyée gratuitement sur demande. Le prix du volume demandé volume ; l'autre moitié, trois mois après le premier versement. payables 60 francs par trimestre ou 20 francs tous les mois. 10 0/0 sur les prix marqués, et une demande de 20 volumes à 15 0/0. mois, ou au comptant, avec un escompte supplémentaire de 5 0/0.

REVUE DE MÉCANIQUE

PUBLIÉE SOUS LE

Patronage et la Direction technique d'un Comité de Rédaction

HATON DE LA GOUPILLIÈRE, G. O. ✻, Membre de l'Institut
Inspecteur général des Mines, *Président*

Secrétaire de la Rédaction
Gustave RICHARD, ✻, *Ingénieur civil des Mines*

Une livraison d'environ 100 pages grand format, avec nombreux dessins, tous les mois

ABONNEMENT ANNUEL :

Paris et départements..... **36** fr. | Étranger..... **40** fr.

Depuis onze ans que la *Revue de Mécanique* paraît, fidèle au programme que lui a tracé son Comité de rédaction, son succès s'est affirmé d'une façon éclatante aussi bien à l'étranger qu'en France; elle s'est placée au premier rang parmi les publications techniques.

L'objet de cette Revue est de mettre à la disposition des mécaniciens et de tous ceux qui s'intéressent à la mécanique un journal exclusivement consacré à cet art si important.

Chacun des numéros mensuels de la *Revue de Mécanique* comprend, avec les planches et dessins nécessaires :

1° Un ou plusieurs *articles de fond* ou mémoires entièrement originaux, sur des sujets choisis parmi les plus intéressants de la mécanique : travaux théoriques ou expérimentaux, monographies complètes de machines ou d'appareils d'un intérêt ou d'une importance exceptionnels;

2° Des articles ou *revues*, répartis en *séries* correspondant aux principales branches de la mécanique : moteurs à vapeur, à gaz, à pétrole, hydrauliques; machines marines, locomotives, automobiles; machines frigorifiques, machines-outils, machines agricoles; appareils de levage; mécanismes; armes de guerre; horlogerie, etc.;

3° Une *chronique*, consacrée aux actualités qui ne trouveraient pas une place immédiate dans les deux divisions précédentes : bibliographie, informations, etc

En outre, chaque mois, la Revue publie une *Littérature* des principales publications techniques, résumant, avec croquis à l'appui, tout ce qu'elles ont publié d'intéressant pour le mécanicien, qui est ainsi tenu parfaitement au courant de toutes les nouveautés.

Un numéro spécimen est envoyé contre 0',50 de timbres.

Tours. — Imp. DESLIS FRÈRES, 6, rue Gambetta.

ÉCOLE DUVIGNAU DE LANNEAU

PRÉPARATION A L'ÉCOLE CENTRALE
AUX ÉCOLES D'INGÉNIEURS
ET AUX BACCALAURÉATS

1637 élèves reçus à Centrale depuis 1872
201 élèves reçus aux baccalauréats depuis 1905

COURS ANNUELS :

Seconde — Première — Philosophie
Mathématiques préparatoires et élémentaires
Mathématiques spéciales

La classe de Philosophie est organisée spécialement pour préparer au Certificat d'Etudes Physiques, Chimiques et Naturelles les jeunes gens qui se destinent à la Médecine et à la Pharmacie.

Un atelier de mécanique et d'ajustage est installé dans l'école. Les élèves sont admis à y travailler sous la direction d'un professeur et d'un chef d'atelier. — L'enseignement pratique du dessin est donné d'après les modèles et les organes des machines-outils de cet atelier.

PENDANT LES VACANCES

COURS DE REVISION pour les BACCALAURÉATS

Ouverture des Cours vers le milieu d'Août

71, Boulevard Péreire — PARIS

Envoi du Programme général sur demande

BREVETS MARQUES

CABINET

FONDÉ EN 1819

G. DE MESTRAL
& F. HARLÉ

INGÉNIEURS-CONSEILS

21, rue de La Rochefoucauld
PARIS

Obtention des Brevets.

Recherches d'antériorités.

Paiement des annuités.

Procès en contrefaçon.

Cessions et Licences.

Avis consultatifs.

TÉLÉPHONE
286-74

DESSINS MODÈLES

AGENDA

PREMIER TRIMESTRE

JANVIER (31 jours). — 1er.

2.

3.

4 janvier.

5.

6.

7 janvier.

8.

9.

10 janvier.

11.

12.

13 janvier.

14.

15.

16 janvier.

17.

18.

19 janvier.

20.

21.

22 janvier.

23.

24.

25 janvier.

26.

27.

28 janvier.

29.

30.

FÉVRIER (28 jours). — 1er.

2.

3.

4 février.

5.

6.

7 février.

8.

9.

10 février

11.

12.

13 février.

14.

15.

16 février.

17.

18.

19 février.

20.

21.

22 février.

23.

24.

25 février.

26.

27.

MARS (31 jours). — 1er

2.

3.

4 mars.

5.

6.

7 mars.

8.

9.

10 mars.

11.

12.

13 mars.

14.

15.

16 mars.

17.

18.

19 mars.

20.

21.

22 mars.

23.

24.

25 mars.

26.

27.

28 mars.

29.

30.

31 mars.

DEUXIÈME TRIMESTRE

AVRIL (30 jours). — 1er.

2.

3.

4 avril.

5.

6.

7 avril.

8.

9.

10 avril.

11.

12.

13 avril.

14.

15.

16 avril.

17.

18.

19 avril.

20.

21.

22 avril.

23.

24.

25 avril.

26.

27.

28 avril.

29.

30.

MAI (31 jours). — 1er.

2.

3.

4 mai.

5.

6.

7 mai.

8.

9.

10 mai.

11.

12.

13 mai.

14.

15.

16 mai.

17.

18.

19 mai.

20.

21.

22 mai.

23.

24.

25 mai.

26.

27.

28 mai.

29.

30.

JUIN (30 jours). — 1er.

2.

3.

4 juin.

5.

6.

7 juin.

8.

9.

10 juin.

11.

12.

13 juin.

14.

15.

16 juin.

17.

18.

19 juin.

20.

21.

22 juin.

23.

24.

25 juin.

26.

27.

28 juin.

29.

30.

TROISIÈME TRIMESTRE

JUILLET (31 jours). — 1er.

2.

3.

4 juillet.

5.

6.

7 juillet.

8.

9.

10 juillet.

11.

12.

13 juillet.

14.

15.

16 juillet.

17.

18.

19 juillet.

20.

21.

22 juillet.

23.

24.

25 juillet.

26.

27.

28 juillet.

29.

30.

31 juillet.

AOUT (31 jours). — 1er.

2.

3.

4 août.

5.

6.

7 août.

8.

9.

10 août.

11.

12.

13 août.

14.

15.

16 août.

17.

18.

19 août.

20.

21.

22 août.

23.

24.

25 août.

26.

27.

28 août.

29.

30.

SEPTEMBRE (30 jours). — 1er.

2.

3.

4 septembre.

5.

6.

7 septembre.

8.

9.

10 septembre.

11.

12.

13 septembre.

14.

15.

16 septembre.

17.

18.

19 septembre.

20.

21.

22 septembre.

23.

24.

25 septembre.

26.

27.

28 septembre.

29.

30.

QUATRIÈME TRIMESTRE

OCTOBRE (31 jours). — 1er.

2.

3.

4 octobre.

5.

6.

7 octobre.

8.

9.

10 octobre.

11.

12.

13 octobre.

14.

15.

16 octobre.

17.

18.

19 octobre.

20.

21.

22 octobre.

23.

24.

25 octobre.

26.

27.

28 octobre.

29.

30.

NOVEMBRE (30 jours). — 1er.

2.

3.

4 novembre.

5.

6.

7 novembre.

8.

9.

10 novembre.

11.

12.

13 novembre.

14.

15.

16 novembre.

17.

18.

19 novembre.

20.

21.

22 novembre.

23.

24.

25 novembre.

26.

27.

28 novembre.

29.

30.

DÉCEMBRE (31 jours). — 1er.

2.

3.

4 décembre.

5.

6.

7 décembre.

8.

9.

10 décembre.

11.

12.

13 décembre.

14.

15.

16 décembre.

17.

18.

19 décembre.

20.

21.

22 décembre.

23.

24.

25 décembre.

26.

27.

28 décembre.

29.

30.

GILLET & FOREST

G. FOREST & C^IE Successeurs

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

INGÉNIEURS-CONSTRUCTEURS

32, boulevard Henri IV — PARIS

Téléphone 126-67

APPAREILS D'ÉCLAIRAGE

ET DE

CHAUFFAGE

de tous genres pour

CHEMINS DE FER, TRAMWAYS

TOLERIE — RÉSERVOIRS

RÉFLECTEURS

TAMPONS — GRAISSEURS

MATÉRIEL DE TRACTION MÉCANIQUE

Système V. PURREY

BREVETÉ S. G. D. G.

Camions et Tramways à vapeur

Automotrices à grande vitesse pour Chemins de fer

VALENTIN PURREY (Ingén^r-Const^r)

1 à 31, boulevard J.-Jacques-Bosc, BORDEAUX

Diplôme d'Honneur à l'Exposition de Milan 1906

Brevets

Marques & Modèles

Recherches

Procès

WEISMANN & MARX

Ingénieurs des Arts et Manufactures
Conseils en Matière de Propriété Industrielle

Tél. 111-16

PARIS

90, rue d'Amsterdam

ETABLISSEMENTS ARBEL

FORGES de DOUAI à DOUAI (Nord) | FORGES de COUZON à RIVE-DE-GIER (Loire)

SOCIÉTÉ ANONYME. CAPITAL 4.500.000

Siège Social : 28, rue du Rocher - PARIS

TÉLÉGRAMMES	TÉLÉPHONES
ÉTARBEL, PARIS	533-05
ÉTARBEL, DOUAI	533-80
ÉTARBEL, RIVE-DE-GIER	

Administrateur-délégué : Pierre ARBEL

Aciéries, Fonderies, Forges et Emboutissage
3 Fours Martin
22 Pilons - Presses à forger de 1.000 et 3.000 tonnes
15 Presses à emboutir, jusqu'à 24 mètres de long
Nombre d'ouvriers 1908 : 1 700

ACIERS de TOUTE QUALITÉ en LINGOTS et BLOOMS
Pièces diverses en fonte et en acier moulé

PIÈCES DE GROSSE ET MOYENNE FORGE BRUTES OU FINIES
Arbres pleins ou forés jusqu'à 20 mètres, pour Constructions navales et mécaniques, Guerre, Marine, Chemins de fer.

Éléments de canons — Frettes simples
Frettes tourillons — Obus

Spécialité de roues en acier forgé lamine, en acier moulé et en fer forgé pour Locomotives, Voitures, Wagons, Tramways, etc. Essieux droits coudés, montés — Bandages de Chemins de fer et Tramways

EMBOUTIS EN FER, ACIER, CUIVRE
Fonds de chaudières, plaques tubulaires fêtes de fourneaux etc. pour Constructeurs de matériel de Chemins de fer de machines chaudières et sucreries

MATÉRIEL ROULANT DE TOUTE NATURE
Wagons ARBEL de toute capacité jusqu'à 50 tonnes
Châssis de Voitures, Wagons, Tramways, Automobiles, etc
Bogies en acier embouti. — Berlines de Mines emboutties
Coques ARBEL.

Seuls concessionnaires pour la France, ses Colonies et la Russie des "FOX PATENT PRESSED STEEL"

FREINS

pour Tramways et Chemins de Fer

Frein direct.
Frein automatique.
Frein automatique à action rapide.
Frein "double" (automatique et direct combinés).
Frein rapide à haute pression pour trains à grande vitesse.

Marque de Fabrique

Amortisseurs à friction pour barres d'attelage.
Signaux Électro-pneumatiques.
Bloc automatique.
Compresseurs d'air.
Pompes hydrauliques.

Société Anonyme
WESTINGHOUSE
Établissements de Freinville
Sevran (S.-&-O.)

UNIVERSITY OF ILLINOIS-URBANA
3 0112 084205423